



Inês Monteiro da Silva Coelho ***KAIZEN* na Indústria de Fundição:
Abordagem à melhoria da produtividade**



**Inês Monteiro da Silva
Coelho**

***KAIZEN* na Indústria de Fundição:
Metodologias para a melhoria da produtividade**

Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica do Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira, Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro e coorientação da Professora Doutora Maria João Machado Pires da Rosa, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha família e amigos pelo apoio incansável e exemplo que são para mim.

o júri

Presidente

Professora Doutora Marlene Paula Castro Amorim
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Vogal (Arguente Principal)

Professor Doutor Cristovão Silva
Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra

Vogal (Orientador)

Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Ao Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira e Professora Doutora Maria João Machado Pires da Rosa pelo rigor e exigência dedicados a este projeto.

Ao Eng. Luís Devesa, ao Eng. Tiago Costa e à equipa do *Kaizen Institute*, por todos os conhecimentos que me transmitiram e pelas oportunidades que me deram.

À equipa da Sakthi Portugal pela atitude, disponibilidade e exemplo organizacional.

Ao Nuno por em mim ter feito despertar o gosto pela prática profissional e por todas as oportunidades que me proporcionou.

À minha Avó Eliana e ao meu Avô Francisco por todos os valores, ensinamentos e perspetivas que me transmitiram. São a minha essência.

Aos meus pais por toda a disciplina e carinho com que sempre me educaram e por me proporcionarem ver mais além.

À minha irmã e ao Daniel pela vossa dedicação, visão, carinho e profissionalismo.

Ao Filipe pelas inspirações e reflexões que me proporcionas diariamente.

palavras-chave

Produtividade, *Kaizen*, *Total Flow management*, *Line and layout design*, *Standard work*, Bordo de linha, *SMED*.

resumo

O projeto desenvolvido tem como temática principal a melhoria da produtividade numa empresa da indústria de fundição, a *Sakthi Portugal*, com base na aplicação da filosofia *Kaizen*. A adoção de ferramentas focadas na melhoria contínua tem sido uma aposta de todas as organizações que pretendem atingir a excelência operacional. A gestão de fluxos, nomeadamente de produção, através de metodologias como o *line and layout design*, o *SMED*, o bordo de linha e o *standard work*, contribuem para o aumento da produtividade nas organizações.

Na indústria de fundição, muitas são as oportunidades de melhoria onde a adoção destas metodologias se traduzem em ganhos bastante significativos. A *Sakthi Portugal* produz componentes para automóveis, tendo-se deparado em 2013 com um novo desafio relacionado com o esperado aumento de vendas no ano de 2014. Face a esta previsão toda a estrutura organizacional, com especial ênfase no processo produtivo, teve que ser ajustada e adaptada para alcançar o nível de serviço delineado pela estratégia da empresa.

Desde a área da fusão à área de acabamentos, passando pela moldação, todas as fases de produção foram alvo de projetos com objetivos de melhoria da sua produtividade. O projeto *Fórmula 1* abrangeu as áreas da fusão e moldação, com principal enfoque na sua sincronização. Na área dos acabamentos, o projeto *Kasa Nova*, passou por redesenhar o *layout* desta zona e por melhorar os *standards* de trabalho aí existentes. Para gerir todos estes projetos e quantificar os seus ganhos, foi criado um *back office* inteligente, responsável pela monitorização de toda a atividade produtiva, o que foi crucial para que esta organização conseguisse responder rapidamente a alterações inerentes ao processo produtivo.

O desenvolvimento dos diferentes projetos de melhoria conduziu a empresa a ganhos de produtividade significativos, que em média se situaram em cerca de 41%.

keywords

Productivity, *Kaizen*, Total Flow management, Line and layout design, Standard work, Border of line, *SMED*.

abstract

The main theme of this paper is the increase in productivity associated with the implementation of the *Kaizen* philosophy. The adoption of tools focused on continuous improvement has been a bet of all organizations wishing to achieve operational excellence. The flow management, in particular production management, through methods such as line and layout design, *SMED*, border of line and standard work, contribute to the increase in productivity in organizations.

In the foundry industry, there are many opportunities for improvement where the adoption of these methodologies translates into sizable gains. The company Sakthi Portugal produces automotive components and is embedded in the foundry industry. The challenge that this organization faced in 2013 was related to the expected increase in sales in 2014. Given this prediction the entire organizational structure, with special emphasis on the production process, had to be adjusted and adapted to achieve the level of service outlined by the company's strategy.

All stages of production were targets of projects with the goal of improving productivity. The project titled *Fórmula 1* covered the areas of melting and casting, with main focus on their synchronization. In the final assembly area, the project *Kasa Nova*, was related to redesign the layout of the area and improve the labor standards found there. To manage all these projects and quantify its gains, a smart back office was created that follows every production activity and has a crucial role in helping the organization responding quickly to changes inherent to the productive process.

The development of the different improvement projects led the organization to productivity gains around 41%, which were considered to be quite significant.

Índice

Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1 – Enquadramento.....	1
1.2 – Relevância.....	2
1.3 – Objetivos.....	3
1.4 – Metodologias	3
1.5 – Organização dos capítulos	4
 Capítulo 2 – Produtividade, Kaizen e Total Flow Management.....	7
2.1 – Produtividade: conceito e medição.....	7
2.1.1 – Medição da produtividade como ferramenta de competitividade	8
2.2 – A filosofia <i>Kaizen</i>	9
2.3 – Da filosofia <i>Kaizen</i> ao <i>Total Flow Management</i>	11
2.4 – Fluxo de produção.....	14
2.4.1 – <i>Line and Layout design</i>	15
2.4.1.1 – <i>Takt time</i> vs tempo de ciclo.....	16
2.4.1.2 – <i>Layout</i> Funcional vs <i>Layout</i> de processo	18
2.4.2 – SMED	23
2.4.3 – <i>Standard work</i>	25
2.4.4 – Bordo de linha	26
2.5 – Relação entre conceitos	27
 Capítulo 3 – A Sakthi Portugal.....	29
3.1 – Indústria de Fundição.....	29
3.3 – Apresentação da Sakthi Portugal SA.....	30
3.4 – Descrição do processo produtivo	31
 Capítulo 4 – Abordagens à melhoria da produtividade na Sakthi Portugal.....	35
4.1 Moldação – Máquina D230.....	35
4.1.1 <i>Fórmula 1</i>	36
4.1.2 SMED – Troca de placa e banheira na máquina D230.....	47
4.1.3 Bordo de linha – Máquina D230.....	52
4.2 Acabamentos – Projeto Kasa Nova	54
4.2.1 Desenho Industrial – <i>Standard work</i>	61
4.2.2 Desenho Industrial – <i>Line and layout design</i>	66

4.2.3 Fórmula 1 nos acabamentos.....	69
4.3 Notas finais	73
Capítulo 5 – Conclusão.....	75
Referências bibliográficas	77
Anexos	80

Índice de Figuras

Figura 1 - Localização de escritórios do Kaizen Institute	2
Figura 2 - Organização dos capítulos.....	5
Figura 3 - Kaizen Management System. Fonte: Kaizen Institute, 2013	12
Figura 4 - Pilares do TFM. Fonte: Kaizen Institute, 2013 (adaptado).....	14
Figura 5 - Diagrama de processos. Fonte: Shingo, 1989 (adaptado).....	16
Figura 6 - Criação de fluxo. Fonte: Kaizen Intitute, 2013	18
Figura 7 - Layout funcional. Fonte: Black, 1998. (adaptado).....	19
Figura 8 - Layout de processo. Fonte: Black, 1998 (adaptado)	20
Figura 9 - Layout de processo em U. Fonte: Ohno e Nakade, 1997. (adaptado).....	21
Figura 10 - Etapas do SMED. Fonte: Shingo, 1989 (adaptado)	25
Figura 11 - Relação entre conceitos	28
Figura 12 - 10 maiores países na produção de fundido. Fonte: 47 th Census, 2013	29
Figura 13 - Total de fundido por regiões Fonte: 47 th Census, 2013	30
Figura 14 - Exemplo de produtos produzidos na Sakthi	31
Figura 15 - Controlo de processo	32
Figura 16 - Exemplos de machos. Machos na linha de moldação GF (moldação na horizontal)	32
Figura 17 - Processo produtivo.....	33
Figura 18 - Fundido aproveitado visual	33
Figura 19 - Diagrama de Ishikawa máquina D230.....	36
Figura 20 - Equipamentos a seguir no projeto Fórmula 1	37
Figura 21 - Esquema visual de abastecimentos empilhador 1 (MK4 + GF)	40
Figura 22 - Organização da equipa no terreno	41
Figura 23 - Reunião de preparação com os comissários	42
Figura 24 - Gráficos de Pareto das paragens no back office.....	43
Figura 25 - Kamishibai de registo de anomalias	43
Figura 26 - Escória presente nos fornos da fusão	45
Figura 27 - Indicador Fundido aproveitado médio antes e depois do projeto Fórmula 1 ...	46
Figura 28 - Monitores presentes no terreno com o Kamishibai (ponto 1); semáforo no terreno sobre o cumprimento dos ciclos para a visualização da equipa da fusão (ponto 2)	47
Figura 29 - Atualização do Kamishibai e rádios no Back office (ponto 1); relógios no terreno com os ciclos dos empilhadores (ponto 2)	47
Figura 30 - Norma da mesa de apoio para troca de placas.....	49

Figura 31 - One point lesson mudança de placa	49
Figura 32 - Exemplo de banheira presente numa máquina de moldação	50
Figura 33 - Jogo do SMED (simulação de uma troca de ferramenta); identificação de trabalho externo e interno	51
Figura 34 - SMED	52
Figura 35- Exemplo de materiais de bordo de linha	53
Figura 36 - Planta da Sakthi.....	55
Figura 37 - Exemplo de peça com defeito (rebarba).....	56
Figura 38 - Novo indicador (nº peças vs ton)	57
Figura 39 - Exemplo de peça com ainda com alimentadores	57
Figura 40 - Acompanhamento de referências.....	58
Figura 41 - Ações planeadas vs realizadas	60
Figura 42 - Relatório diário projeto Kasa Nova.....	61
Figura 43 - Standard de trabalho inicial.....	61
Figura 44 - Standard de trabalho novo	62
Figura 45 -Teste ao standard com um operador	63
Figura 46 - Standard de trabalho da referência 3281	64
Figura 47 - Criação da zona de teste	65
Figura 48 - Célula G (referência 3281)	65
Figura 49 - Medidor de calibre.....	66
Figura 50 - Protótipo das novas células de acabamento	67
Figura 51 - Passadeira da linha de acabamento.....	68
Figura 52 - Nova linha de acabamentos	69
Figura 53 - Kamishibai Fórmula 1 acabamentos.....	72
Figura 54 - Objetivos de produção presentes no Kamishibai.....	72
Figura 55 - Comparação do indicador FA no início e fim do projeto.....	74
Figura 56 - Comparação do indicador de produtividade no início e fim do projeto.....	74

Índice de Tabelas

Tabela 1- Paralelismo entre layout de processo em célula ou em fluxo. Fonte: Kaizen Institute, 2013 (Adaptado)	22
Tabela 2 - Dados consumo histórico da moldação.....	39
Tabela 3 - Dados para um consumo de 30 ton/hora.....	40
Tabela 4 - Materiais necessários para o vazamento.....	53
Tabela 5 - Resumo de cadências por referência.....	63
Tabela 6 - Necessidades de produção	70
Tabela 7 - Referências alocadas à linha 3	70

Capítulo 1 – Introdução

1.1 – Enquadramento

No âmbito da unidade curricular Estágio/Projeto/Dissertação, do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, foi desenvolvido um estágio no *Kaizen Institute*.

O *Kaizen Institute* é uma empresa multinacional de serviços de consultoria operacional e formação, fundada em 1985 por *Masaaki Imai* e sediada em *Zug* na Suíça. A utilização de ferramentas aplicáveis transversalmente nos diversos setores tais como serviços, produção e logística, permite-lhe um alargado leque de clientes.

O fundamento que serve de base para a atividade desempenhada pelo *Kaizen Institute* é a filosofia de melhoria contínua que posteriormente, no Capítulo 2, será explorada.

O *Kaizen Institute* orienta organizações, públicas e privadas, proporcionando-lhes o alcance de elevados níveis de *performance* no mercado a escala global – fácil, rápido, melhor e com custos reduzidos (Imai, 2012).

Em 2011 o *Kaizen Institute* fundiu-se com a Empresa *Gemba Research*, consultora especializada na implementação de culturas de melhoria contínua, originando assim a criação do *Kaizen Institute Consulting Group* (KICG). O KICG é pioneiro e líder mundial na área de consultadoria de excelência operacional, com mais de 400 profissionais nos diversos escritórios espalhados por trinta países, prestando serviços em vinte e cinco línguas. Em Portugal está presente desde 1999 e tem escritórios em Lisboa e Vila Nova de Gaia (Figura 1).



Figura 1 - Localização de escritórios do Kaizen Institute

Sendo esta empresa uma consultora, a empresa cliente onde o projeto se insere é a *Sakthi Portugal* – empresa com atividade na indústria de fundição que se dedica à produção de peças para o setor automóvel.

O projeto desenvolvido na *Sakthi Portugal* passa por uma abordagem de caráter global à empresa, com o intuito de melhorar a sua produtividade.

1.2 – Relevância

A atual conjuntura económica exige que as organizações se esforcem cada vez mais para prosperar. Num mercado maduro, como o da indústria automóvel, onde apenas têm sucesso as organizações que melhor se adaptam às “regras”, e que com elas melhor “jogam”, esta mudança traz consigo a necessidade de mudança de paradigma. A época de produção em lotes de grandes quantidades e produtos *standard*, está ultrapassada. O mercado atual exige, cada vez mais, produtos altamente customizados aliado a elevados níveis de serviço.

Na perspetiva organizacional, esta mudança passa pela adaptação da indústria às condições atuais do mercado e pelo foco nas atividades de valor acrescentado para o cliente, tornando-se assim em organizações “magras” sem desperdícios associados. A medição correta do indicador da produtividade é fundamental, uma vez que a gestão baseia a tomada de decisões estruturantes na sua análise.

A nível mundial, muitas são as organizações de diferentes tipos (produção de bens de consumo, hospitais, bancos, desenvolvimento de *software*, departamentos governamentais,

entre outros) que primam pela diferença e apostam na adoção da filosofia, mentalidade e metodologias *Kaizen*. Mesmo que o nome associado a essas estratégias tenha vindo a mudar nas últimas décadas de *continuous quality improvement* e *total quality management* (TQM), para *just-in-time* e *operational excellence*, ou para *six-sigma* e *lean manufacturing*, as que têm mais sucesso entre estas estratégias são as *customer-focus*, *gemba-oriented* e *kaizen-driven*. (Imai, 2012)

1.3 – Objetivos

O objetivo a que a *Sakthi* se propôs, melhoria da sua produtividade, tem por base um esperado aumento das vendas para o ano de 2014. Para tal, a estratégia passa por capacitar a estrutura da empresa para a mudança, começando por implementar, ainda no ano de 2013, metodologias de trabalho que lhe fornecessem a flexibilidade desejada com vista a satisfazer as necessidades do mercado.

O aumento da produtividade é prioridade para esta organização e, como tal, o contributo da aplicação da filosofia *Kaizen*, durante este processo de melhoria, é crucial. Mais concretamente, é objetivo da empresa melhorar os seus indicadores de produtividade diretamente relacionados com as áreas de produção da fusão e moldação e dos acabamentos.

De facto, à data do início do projeto existiam na empresa alguns fatores que contribuíam para uma produtividade inferior à desejável, sobretudo num contexto de necessidade de aumento da produção com vista a dar resposta a um crescimento previsto das vendas para o ano de 2014. Por exemplo, a percentagem de retrabalho existente nos acabamentos era muito elevada, com um impacto negativo óbvio na produtividade desta fase do processo produtivo, bem como na produtividade global.

Com o objetivo de dar resposta ao desafio da melhoria da produtividade foram, então, desenhados e implementados um conjunto de projetos de melhoria baseados na filosofia *Kaizen*, sendo de destacar pela sua dimensão e impacto os projetos *Fórmula 1* e *Kasa Nova*.

1.4 – Metodologias

Estando o aumento da produtividade diretamente associado à aplicação da filosofia de melhoria contínua e consequente redução de desperdício, este projeto consistiu na

utilização de um conjunto de ferramentas que potenciam esse aumento da produtividade, e que podem ser aplicadas no sector da indústria de fundição.

Para o aumento da produtividade, foram estudadas metodologias de análise de fluxo e redução de desperdício, com níveis de foco gradualmente mais detalhados. Começou-se com uma visão mais abrangente, baseada numa abordagem macro - *Line and Layout Design*, seguida da aplicação de metodologias mais focadas, como o *SMED* (Single Minute Exchange of Die), o *standard work* e o bordo de linha.

1.5 – Organização dos capítulos

O presente documento encontra-se organizado em cinco capítulos, sendo este o da Introdução, o qual visa o enquadramento do leitor no universo onde o estudo se insere. Este capítulo é ainda complementado com a apresentação do *Kaizen Institute Consulting Group*.

No Capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica sobre conceitos como Produtividade, *Kaizen* e *Total Flow Management*. Na parte final deste capítulo é apresentada ainda uma relação entre os conceitos com foco na melhoria da produtividade. Este capítulo tem como objetivo criar uma base sólida para uma melhor compreensão destas metodologias e das potencialidades da sua aplicação prática no contexto da organização onde o estágio está inserido.

Posteriormente, no Capítulo 3 é apresentada a empresa cliente onde o estágio foi inserido e é feita uma contextualização sobre a indústria de fundição.

Em seguida, no Capítulo 4 são apresentadas as metodologias aplicadas numa abordagem à melhoria da produtividade. Neste Capítulo destacam-se os projetos *Fórmula1*, cuja área de atuação engloba a fusão a moldação, e *Kasa Nova* dinamizado para a área dos acabamentos. A sequência pela qual se rege este relatório assemelha-se à desenvolvida durante o projeto, com o objetivo de facilitar a compreensão do mesmo.

Por fim, o Capítulo 5 reúne conclusões acerca de todo o trabalho tendo como base a experiência desenvolvida ao longo do estágio. (Figura 2)

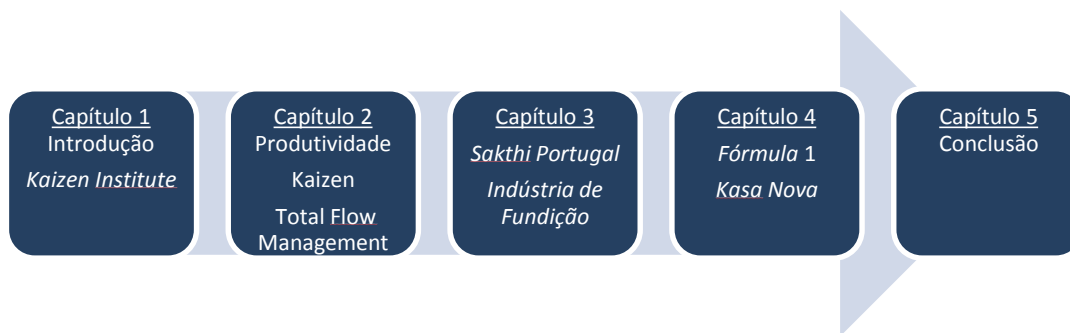


Figura 2 - Organização dos capítulos

Capítulo 2 – Produtividade, Kaizen e Total Flow Management

2.1 – Produtividade: conceito e medição

Este projeto tem como cerne a questão da produtividade e da sua melhoria. Assim, torna-se importante a clarificação deste conceito. A produtividade resulta do quociente entre a produção e todos os recursos alocados à mesma.

Smith (1992) defende que todos os indicadores de produtividade espelham um rácio entre duas quantidades (*input* e *output*). Os dados de entrada e saída utilizados em indicadores de produtividade devem ter por base informações provenientes do mesmo processo ou tarefa. Quando os indicadores são baseados em normas fiáveis, e quando se combinam com normas realistas, constituem o núcleo de processo de medição da produtividade.

Segundo Ortiz (2006) a produtividade aumenta sempre que são produzidos mais produtos com os mesmos ou menos recursos associados. Significa isto, que os custos de produção estão diretamente relacionados com a quantidade de material, necessidades de mão-de-obra e equipamentos. Quanto maior for a produtividade, mais racional será o controlo e a gestão dos custos de produção.

Existem, no entanto, algumas interpretações menos corretas sobre o conceito de produtividade – por exemplo, caso uma organização reduza a quantidade de recursos necessários para fazer um produto, e o ritmo de trabalho dos operadores passe a ser inadequado, a produtividade poder-se-á reduzir apesar da redução de recursos levada a cabo. O foco na melhoria da produtividade passa por definir o trabalho de uma forma mais inteligente, mais eficaz e mais eficiente através da otimização de recursos, e não por trabalhar mais rápido.

Por outro lado, ter mais operadores do que os necessários alocados a uma linha de montagem não é eficiente em termos de custos. Com vista ao aumento de produtividade, o número de operadores alocados a uma linha de montagem deve ser o mais reduzido e ponderado possível. Caso o serviço prestado por um operador já não seja necessário na linha em causa, podem concentrar-se neste operador as tarefas de “*não-valor-acrescentado*” (ou desperdício) como por exemplo, abastecer as várias linhas com materiais, executar tarefas de preparação de trabalho, correção de problemas, entre outros. Deste modo, o desperdício estará apenas concentrado num operador que absorve as tarefas de maior variabilidade, contribuindo assim para um aumento de produtividade.

Este processo tem um efeito dominó positivo: ao aumentar a produtividade surgem mais oportunidades para novos clientes, um maior volume da procura e novos produtos, o que resulta na necessidade de empregar mais operadores. Estes podem advir de realocações resultantes do aumento da própria produtividade. (Ortiz, 2006)

2.1.1 – Medição da produtividade como ferramenta de competitividade

Segundo Fawcett e Cooper (1998) a capacidade de medição da performance de uma organização é fundamental para que seja atingida a excelência organizacional: “Se não for possível medir, não é possível gerir” (p. 341). Tendo em mente objetivos estratégicos de longo prazo, a medição da performance e produtividade de uma empresa é um precedente imperativo para que os mesmos possam ser atingidos.

As organizações líderes de mercado possuem métodos avançados de medição e análise de performance, e reúnem os seus esforços em torno desta questão. Estas empresas acreditam que a medição da performance é a plataforma sobre a qual assentam a posição competitiva, bem como as diferentes capacidades de criação de valor. Estas empresas tendem a investir em programas que visam a interpretação e análise da performance, que incorporam cinco áreas de competitividade – gestão de recursos, custos, produtividade, serviço e qualidade. Esta abordagem conduz a uma maior disponibilidade de informação facilitando a tomada de decisões por parte dos gestores. (Fawcett e Cooper, 1998)

Segundo Pritchard (1990) a medição da produtividade é muito importante uma vez que permite eliminar abordagens subjetivas que, por sua vez, podem originar erros. Esta medição serve de suporte para uma conduta eficiente das operações, sendo também uma ferramenta facilitadora de comunicação dentro de uma organização. Recorrendo à medição da produtividade como indicador de performance, as decisões de gestão podem não só ser tomadas mais conscientemente, como também ser comunicadas de uma forma mais clara. O autor defende ainda que outra das vantagens da medição da produtividade passa pelo auxílio no processo de melhoria da mesma.

Os processos de medição da produtividade são tidos como mais precisos face a análises meramente qualitativas e superficiais. Desta forma, o indicador é mais facilmente aceite por todos os membros da organização. Para além do referido, permite a verificação independente do nível de produtividade e dos ganhos associados à mesma.

Hoje em dia a medição da produtividade é um fator fundamental para avaliar a competitividade da organização, uma vez que define e clarifica as atividades e os resultados esperados, espelhando-os para o meio organizacional envolvente.

2.2 – A filosofia *Kaizen*

Após a análise do conceito de produtividade, o desafio proposto prende-se com a forma de a melhorar. Uma das filosofias habitualmente seguidas para enquadrar os esforços de melhoria da produtividade é a de melhoria contínua (*Kaizen*).

A aplicação desta filosofia tem como objetivo proporcionar às empresas uma revigorada energia voltada para a mudança cultural e capacitação de todas as camadas da hierarquia da empresa para a procura do seu desenvolvimento. Este fundamento para as diferentes áreas de intervenção está na realidade presente no próprio nome – KAIZEN – que consiste na aglutinação de dois termos japoneses: “KAI”, que significa “MUDAR”, e “ZEN”, que se traduz como “MELHOR”, e portanto “Mudar para melhor” ou melhoria contínua.

Segundo Imai (2012), muitos gestores tentam aplicar ferramentas e tecnologias sofisticadas para lidarem com problemas que, na sua perspetiva, podem ser resolvidos através de uma abordagem de senso comum e *low-cost*. Estes gestores devem tentar resolver os problemas do dia-a-dia esquecendo as habituais abordagens complexas. Assim, os líderes devem olhar para a filosofia *Kaizen* não como uma ferramenta ou uma técnica, mas antes como um pilar nunca acabado da sua estratégia.

Existem, essencialmente, duas abordagens à resolução de problemas. A primeira envolve inovação no sentido em que se aplica tecnologia de ponta para resolver problemas, o que, como consequência, tem um elevado valor monetário associado. A segunda abordagem é caracterizada pela utilização de ferramentas de senso comum, tais como *checklists*, não tendo esta um custo associado muito elevado. Esta última abordagem chama-se *Kaizen*. Esta filosofia envolve todas as pessoas presentes na organização, começando nomeadamente pela gestão de topo, no planeamento e trabalho conjunto para o sucesso.

Para que a excelência operacional seja atingida numa organização é necessário, segundo esta filosofia, uma estratégia assente nas seguintes regras:

- ***Housekeeping***;
- **Eliminação de *muda*¹**;
- **Padronização de processos.**

O ***Housekeeping*** é um fator essencial para uma boa gestão. A organização dos postos de trabalho permite aos colaboradores a aquisição e prática de autodisciplina. Uma organização com colaboradores que não possuam autodisciplina não é capaz de produzir produtos ou serviços com boa qualidade para os seus clientes.

Todas as atividades que não acrescentem valor são consideradas ***muda*** e devem ser eliminadas – o valor de uma atividade reside na importância que o cliente lhe associa e se está disposto ou não, a pagar pelas mesmas. (Ortiz, 2006)

Segundo Wilson (2009) uma tarefa é considerada valor acrescentado quando assenta nos seguintes critérios:

- Contribui para a forma ou funcionalidade do produto;
- É alguma coisa que o cliente esteja disposto a pagar.

Ohno² (1997) defende que uma análise total do desperdício numa organização deve ter presente os seguintes pontos:

- Um aumento de eficiência apenas é justificado aquando de uma redução de custos associada. Para tal, a produção deve apenas satisfazer as necessidades utilizando o mínimo de mão-de-obra;
- A eficiência de cada operador deve ser observada separadamente, bem como de cada linha. Seguidamente, os operadores deverão ser estudados como um grupo, e analisada também a eficiência da fábrica como um todo. A eficiência deve ser melhorada em cada estágio e, simultaneamente, na fábrica toda.

Se apenas for considerado o trabalho que é realmente necessário, como trabalho real, e o resto como desperdício, a capacidade atual de uma fábrica traduz-se pela seguinte equação:

$$\textit{Capacidade atual} = \textit{trabalho} + \textit{desperdício}$$

¹*Muda* – Palavra japonesa que define desperdício.

² *Taiichi Ohno* – Pai da filosofia Kaizen. Na década de 50 do século passado, criou e aplicou com grande êxito o *Toyota Production System* que prevalece até aos dias de hoje.

Deste modo, todas as atividades consideradas *muda* devem ser reduzidas ou eliminadas. O modelo dos sete desperdícios, inicialmente definido por Ohno (1997), durante o desenvolvimento do *Toyota Production System*, agrupa todos os tipos de desperdícios numa organização, em sete categorias distintas:

- **Produção em excesso:** produção em quantidades superiores às necessárias ou antes do necessário para satisfazer os clientes;
- **Inventário:** excesso de *stock* de materiais - sinal de produção em excesso - e *Work-in-progress* (WIP). Este tipo de desperdício ocupa espaço, necessita sempre de operadores para a sua movimentação e representa uma quantia monetária elevada parada;
- **Defeitos:** erros no processo produtivo, pelos quais os clientes não estão dispostos a pagar;
- **Movimentação:** movimentação desnecessária de pessoas, normalmente relacionada com um *layout* desadequado;
- **Sobre-processamento:** operações que não acrescentam valor ao produto. Por exemplo operações de retrabalho ou acabamentos desnecessários;
- **Transporte:** está associado à deslocação de produtos na fábrica. Apesar de ser uma parte essencial das operações, não acrescenta valor e pode até danificar alguns produtos;
- **Espera:** operadores em espera por falta de material ou informação. Avarias de máquinas, espera pelas ordens de responsáveis, entre outros, estão também na origem deste desperdício. Normalmente está associado a um balanceamento da linha desadequado.

A **padronização de processos** é a terceira regra para que a excelência operacional seja atingida. Um *standard* define-se como a melhor maneira de executar uma tarefa. A importância de se manter um *standard* para as diferentes tarefas que constituem um processo, reside na preservação da qualidade associada ao mesmo.

2.3 – Da filosofia *Kaizen* ao *Total Flow Management*

É possível notar a grande influência da filosofia *Kaizen* nas descobertas inovadoras de Taiichi Ohno na Toyota que, por sua vez, desenvolveu uma nova maneira de organizar a produção e a logística através do *Toyota Production System* (TPS). Este sistema, também

conhecido como *Lean Transformation*, tem por base a criação de fluxo de material e de informação.

Liker e Meier (2006) defendem que o *Toyota Production System* não é um projeto ou programa de gestão implementável num curto ou médio prazo. Os autores defendem ainda que o *TPS* não é um recibo tangível para o sucesso, nem um conjunto de ferramentas para implementar.

Pelo contrário, o *Toyota Production System* é, na perspetiva destes autores:

- Uma maneira consistente de pensar;
- Uma filosofia de gestão;
- Focado na satisfação dos clientes;
- Focado no trabalho em equipa e na melhoria dos processos;
- Uma pesquisa interminável pelo melhor caminho;
- Um sistema onde a qualidade é incorporada nos processos;
- Um espaço de trabalho organizado e disciplinado;
- Evolutivo.

A conjugação do sistema TPS com os princípios da filosofia *Kaizen* deu origem à criação de um novo modelo de gestão aplicável a qualquer organização. Desenvolvido pelo *Kaizen Institute*, este modelo é designado como *Kaizen Management System (KMS)*. (Figura 3)

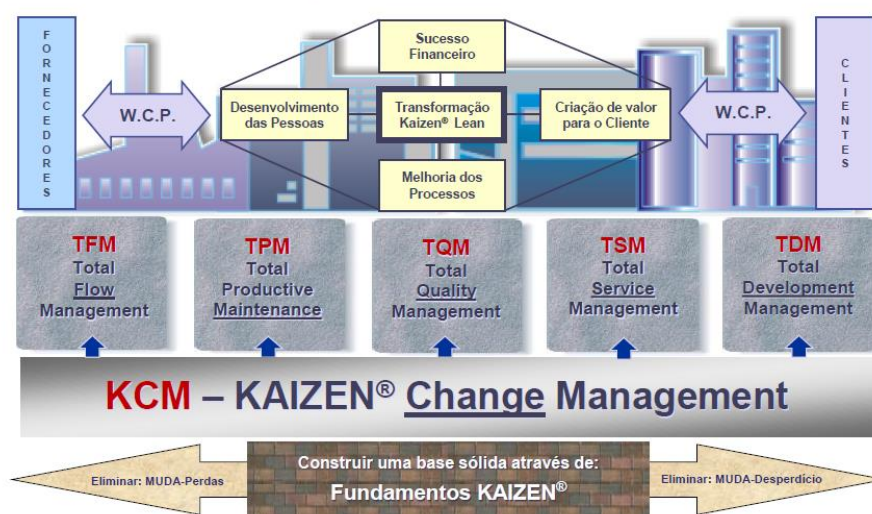


Figura 3 - Kaizen Management System. Fonte: Kaizen Institute, 2013

O KMS é composto por cinco pilares fundamentais de suporte aos objetivos da aplicação da filosofia *Kaizen*. Neste documento será abordado o pilar *Total Flow Management* (TFM), uma vez que contempla ferramentas fundamentais para que o ganho de produtividade na empresa Sakthi Portugal seja realmente relevante.

Segundo Coimbra (2009), o TFM é um modelo detalhado que permite uma implementação suave do *Toyota Production System*, não só em fábricas mas em toda a cadeia de abastecimento. O autor defende ainda que o *Total Flow Management* é uma nova maneira de organização de operações baseado na criação de *pull flow*³.

Liker e Meier (2006) defendem que, assim como *flow*, *pull* é um conceito e que os dois estão relacionados, mas não têm o mesmo significado. *Flow* é definido como a movimentação de material de um processo para outro. Por outro lado, *pull* dita quando o material deve ser movido, e por quem (o consumidor) deve ser movido.

Liker e Meier (2006) defendem que existem três elementos primários que distinguem o *pull flow* do *push flow*⁴. De acordo com estes autores, o *pull flow*:

- Tem por base um acordo definido com limites específicos, entre fornecedores e clientes, respeitantes a volume de produto, modelos de produtos e a sequência de modelos;
- Os itens que são partilhados entre as partes interessadas têm de ser dedicados às mesmas. Neste segundo elemento, estão incluídos os recursos, as localizações, o armazenamento, bem como uma referência temporal comum (*takt time*⁵);
- O acordo definido é mantido através de métodos de controlo simples, que são claramente visíveis e restritos fisicamente.

Pull flow significa, então, organizar toda a cadeia de abastecimento em termos de fluxos ótimos de material e de informação. Sendo esta a essência do *Toyota Production System*, o termo “pull” significa que o fluxo de material deve ser iniciado pelo consumidor. Deste modo o fluxo de material tem por base dados reais e a influência das previsões é diminuta. (Coimbra, 2009)

³ *Pull Flow* – Expressão utilizada para a designação de produção puxada. Tem por base o abastecimento/produção de um determinado produto ou material, em função do seu consumo real e não em função de previsões de consumo.

⁴ *Push flow* - Expressão utilizada para a designação de produção “empurrada”. Tem por base o abastecimento/produção de um determinado produto ou material, em função de grandes lotes de produção e previsão de vendas sem considerar o consumo real.

⁵ *Takt Time* – A palavra anglo-saxónica que define o “*takt time*” é “*Drum Beat*”.

O TFM é considerado um sistema global de organização da produção, uma vez que atua nas três principais áreas relacionadas com o fluxo dos materiais num processo produtivo:

- **Fluxo de produção;**
- Fluxo de logística interna;
- Fluxo de logística externa.



Figura 4 - Pilares do TFM. Fonte: Kaizen Institute, 2013 (adaptado)

2.4 – Fluxo de produção

O *Total Flow Management* inclui diferentes pilares, entre os quais se destaca o **fluxo de produção**. Segundo Coimbra (2009), este pilar tem objetivos bem delineados como os apresentados em seguida:

- **Criação de *one-piece flow*** : caracteriza-se pela produção de uma peça de cada vez, desde a matéria-prima até à fase de produto acabado.
- **Minimização do *muda* de movimentação de operadores**: através da criação de bordos de linha e *standard work*.
- **Customização em massa**: flexibilidade associada à produção de pequenos lotes através da aplicação de *SMED* (*Single Minute Exchange of Die*)
- **Simplificar antes de aplicar automatizações**: automação sem fluxo é uma automação de *muda*.

Segundo o *Lean Enterprise Institute* (2008), o conceito de *one-piece-flow* está relacionado com a produção e movimentação de uma peça de cada vez. Este conceito foi criado por Henry Ford, em 1918, quando inventou uma linha de montagem automóvel onde, contrariamente ao que existia até à data, as operações estavam organizadas de forma a proporcionar um movimento contínuo de uma operação de montagem para a seguinte. Até então, a montagem de carros era conhecida por funcionar através de *batch*, onde um conjunto de carros era montado numa localização fixa, por um grupo de operadores dedicados à sua volta.

Atingir o objetivo de criação de *one-piece-flow* significa redesenhar o *layout* e os equipamentos de modo a produzir uma peça de cada vez, na sequência correta de operações. Este conceito tem como objetivo atingir um movimento contínuo desde a matéria-prima até a zona de produto acabado, sem paragens (Coimbra,2009).

O pilar do fluxo de produção recorre às seguintes metodologias:

- **Line and Layout design;**
- **Bordo de linha;**
- **Standard work;**
- **SMED;**
- Low-cost automation.

A aplicação das metodologias supra destacadas, permitiu o ganho de produtividade apresentado no Capítulo 4. Em seguida, as metodologias referidas serão alvo de análise.

2.4.1 – *Line and Layout design*

Segundo Coimbra (2009), o *line and layout design* é a primeira metodologia no pilar do fluxo de produção. O *line design* é uma metodologia de desenho de linhas de produção com o objetivo de criar fluxo. Para melhor se compreender esta metodologia, é necessário refletir sobre os conceitos de produção, processo e operação.

A produção inclui uma rede de processos e operações. Por sua vez, processos são sequências de operações que acrescentam ou não valor, tais como: transporte, controlo de qualidade, espera e transformações necessárias para produzir um produto. (Shingo, 1989) Operação é o fluxo de tarefas de trabalhadores para a execução de um processo. A partir da Figura 5 é possível compreender como um processo – transformação de material em produto – é conseguido através da realização de uma série de operações.

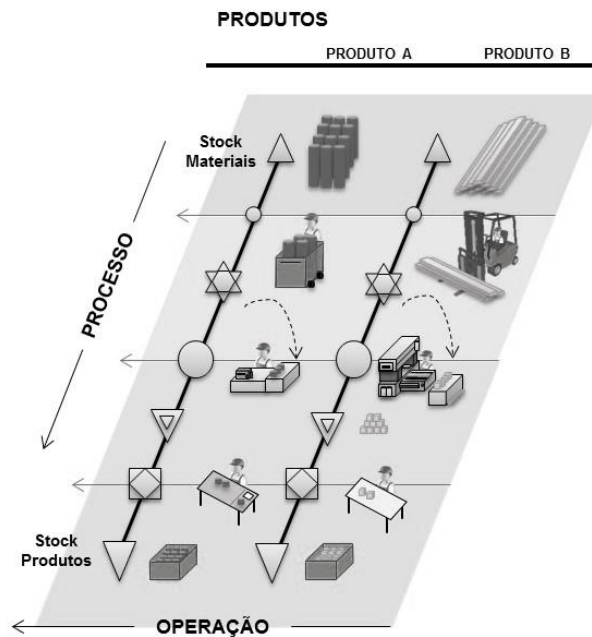


Figura 5 - Diagrama de processos. Fonte: Shingo, 1989 (adaptado)

O *Line and Layout Design*, e os conceitos que lhes estão subjacentes, podem ser aplicados a qualquer processo (conjunto de operações), quer seja industrial, administrativo entre outros serviços. Seguidamente discutem-se alguns destes conceitos com relevância para o projeto desenvolvido na Sakthi.

2.4.1.1 – *Takt time* vs tempo de ciclo

Para a aplicação da metodologia *Line and Layout Design* é importante ter conhecimento das necessidades/capacidades de produção a desenvolver. Um parâmetro de *design* muito importante para a aplicação do conceito de *pull flow* no desenho de linhas, é o *takt time*. O tempo de ciclo deverá também ser tido em consideração. Para melhor compreensão dos mesmos, será referida em seguida a diferença entre os conceitos de *takt time* e tempo de ciclo. Estes conceitos podem parecer semelhantes mas são na realidade distintos, sendo então essencial a definição dos mesmos. (Ortiz, 2006)

Segundo Imai (2012), o *takt time* é definido como:

$$Takt\ time = \frac{\text{Tempo disponível para produzir}}{n^{\circ}\ de\ unidades\ a\ produzir}$$

O termo *takt* é oriundo da palavra “ritmo” da língua alemã. O *takt time* é uma figura teórica que indica quanto tempo é necessário para fazer um produto em cada processo. Por outro

lado, o tempo de ciclo é o tempo que realmente é necessário para cada operador completar uma operação. Assim, o *takt time* é um número mágico porque corresponde à “pulsção” do mercado. Quando o *takt time* é observado devidamente, o Gemba⁶ (terreno) está com a mesma “pulsção” que o mercado. (Imai, 2006)

O *takt time* de uma linha de montagem não se altera exceto se o volume do produto ou as horas efetivas disponíveis de trabalho, sofrerem alteração. Por outro lado, o tempo de ciclo pode variar de uma operação para a outra. (Ortiz, 2006)

O *line design* contempla vários postos de trabalho que trabalham de uma forma balanceada de acordo com o *takt time* definido. Segundo Liker e Meier (2006), o *takt time* deve ser usado para tomar decisões acerca do *design* do trabalho e para identificar melhorias que necessitem de ser feitas para satisfazer as necessidades dos clientes. Assim, através da análise destes dois indicadores, é possível constatar que quando o *takt time* é superior ao tempo de ciclo, ocorre um dos sete *muda*, produção em excesso.

A aplicação do *line design* está diretamente relacionada com o aumento da produtividade abordado neste documento, uma vez que através da análise dos processos é possível eliminar as atividades que não acrescentam valor e simplificá-las antes de automatizar.

A análise da Figura 6 permite constatar que a criação de fluxo se distingue da melhoria tradicional, pois atua ao nível da redução de *muda*. Tradicionalmente as organizações tendem a aplicar a melhoria contínua focando-se na melhoria de operações i.e. nas tarefas de valor acrescentado. A criação de fluxo concentra os seus esforços de melhoria em tarefas de não valor acrescentado. Deste modo, vai para além da melhoria tradicional na medida em que identifica quais os desperdícios que podem ser eliminados ao longo do processo produtivo e não apenas nas tarefas de transformação ou valor acrescentado. Esta redução está diretamente associada com o aumento da produtividade.

⁶ *Gemba* – Palavra Japonesa que significa chão de fábrica. É o local onde se acrescenta valor, onde existem e se resolvem os problemas.

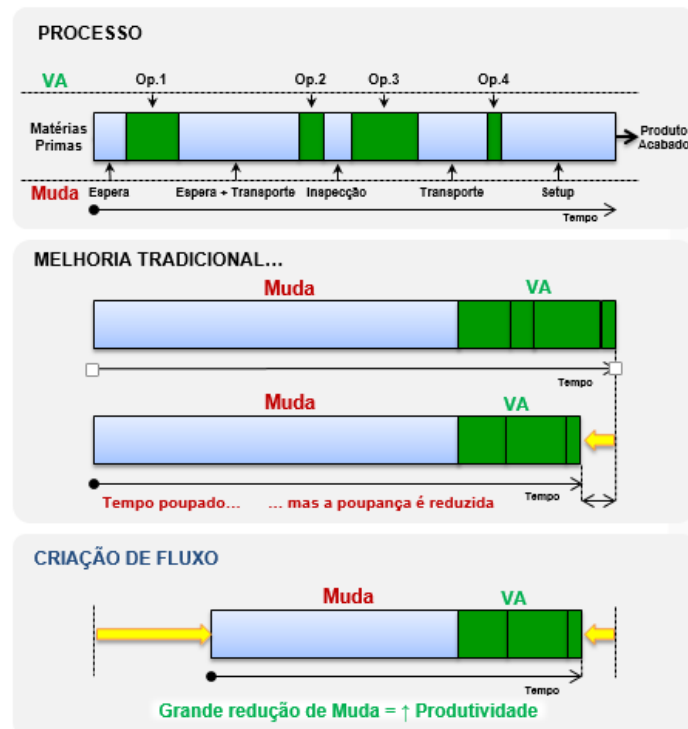


Figura 6 - Criação de fluxo. Fonte: Kaizen Intitute, 2013

Em seguida, serão abordados conceitos de organização produtiva e de redução de desperdício relacionados com o *layout*.

2.4.1.2 – *Layout* Funcional vs *Layout* de processo

Segundo Coimbra (2009), existem dois tipos de *layout*: o funcional e o de processo.

Um ***layout* funcional** é composto por “ilhas funcionais” onde as máquinas estão agrupadas por funções. Está associado à produção de grandes lotes, para minimizar o transporte entre máquinas, o que implica um elevado *stock* de produtos em curso (WIP) entre postos de trabalho.

Na Figura 7 está representado um *layout* funcional onde existe uma separação física entre as quatro operações necessárias para a finalização do produto: tornos, furação, fresa e retificadora.

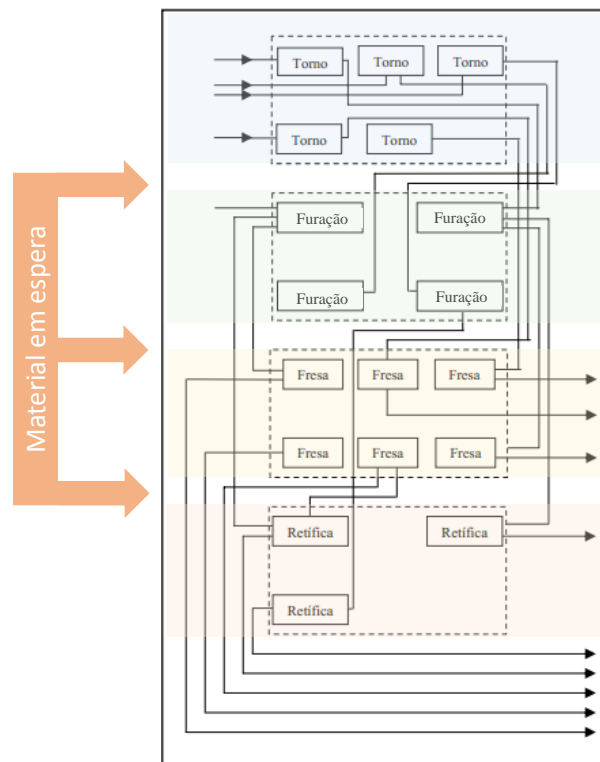


Figura 7 - Layout funcional. Fonte: Black, 1998. (adaptado)

Algumas das limitações deste conceito de organização produtiva são:

- **Quantidade de *stock* elevada:** Para que o produto avance de uma operação para a seguinte, é necessário que seja completado um lote de uma determinada quantidade. Deste modo, o *lead time*⁷ associado a este tipo de *layout* é elevado.
- **Lotes de produção elevados por posto de trabalho:** Esta elevada quantidade de material em espera potencia uma maior quantidade de defeitos aquando de uma falha no equipamento ou no método do operador. A título de exemplo, um erro que ocorra na zona da pré-montagem só é detetado na montagem após o consumo de todo o *stock* intermédio existente entre as duas operações.
- **Postos de trabalho sem contacto direto:** A distância existente entre postos impossibilita a existência de entreaajuda entre operadores ou de integração de tarefas.

⁷ *Lead Time* – É o tempo que uma peça demora a atravessar o processo produtivo. Esta designação é tipicamente utilizada para definir o tempo decorrido entre o momento em que uma determinada peça entra na fábrica, até que é expedida. Existem organizações que consideram que este tempo é o tempo decorrido entre o momento em que uma peça é pedida pelo cliente até que é entregue ao mesmo.

Associado ao *layout* funcional surgem algumas oportunidades de melhoria, nomeadamente ao nível da redução do espaço ocupado e do sistema de abastecimento logístico entre postos de trabalho.

O ***layout de processo*** caracteriza-se pela produção de lotes pequenos, e está organizado por sequência de operações e máquinas. (Figura 8) Este tipo de *layout* não segue necessariamente o conceito de *one-piece-flow* anteriormente abordado. Coimbra (2009) defende que uma análise detalhada a este *layout* revela algum inventário acumulado entre postos de trabalho. Assim, este tipo de *layout* apresenta alguma dificuldade na garantia do balanceamento da produção. Aplicar o conceito de *one-piece-flow* a um *layout* de processo, significa que cada posto de trabalho deverá conter uma unidade de WIP. Deste modo, a quantidade de postos de trabalho é igual ao WIP ideal.

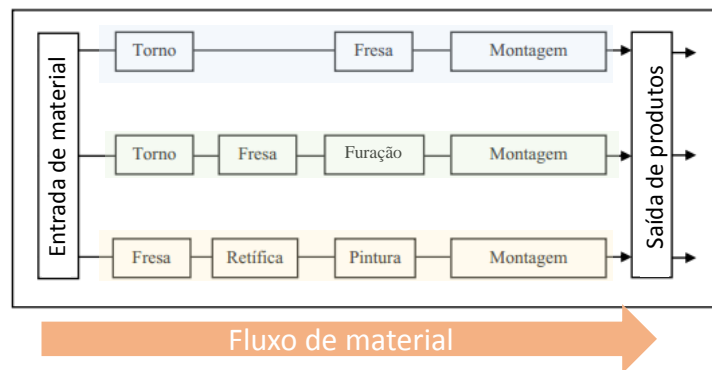


Figura 8 - Layout de processo. Fonte: Black, 1998 (adaptado)

Face ao *layout* funcional, o *layout* de processo apresenta algumas melhorias tais como:

- Redução do tamanho do lote;
- Redução do *lead time*;
- Redução do *stock* intermédio;
- Produção de defeitos em menor escala, pois, caso existam, são detetados no posto seguinte (originado pela redução de *stock* intermédio);
- Redução do *stock* em curso;
- Redução da área ocupada;
- Melhorias do sistema de abastecimento logístico.

O *layout* de processo apresenta ainda algumas limitações relacionadas com a impossibilidade de entreajuda entre operadores e o facto do tamanho do lote ser possivelmente mais reduzido.

Ortiz (2006) defende que muitas linhas de montagem em linha reta, como a presente na Figura 8, baseadas em conceitos *lean*, têm sucesso. Porém, este reconhece que as linhas em forma de U (Figura 9) têm-se tornado, ao longo do tempo, cada vez mais populares. Isto não invalida que muitas indústrias consigam operar com sucesso segundo a filosofia *lean*, através de *layouts* em linha reta.

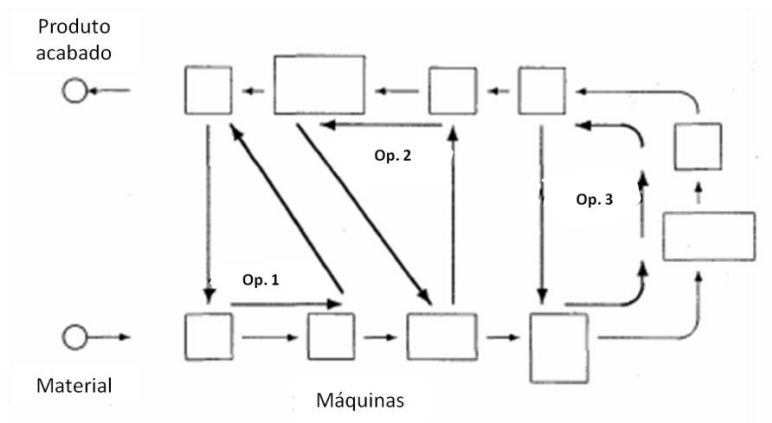


Figura 9 - Layout de processo em U. Fonte: Ohno e Nakade, 1997. (adaptado)

Num *layout* em forma de U é privilegiado o fluxo peça a peça, existindo uma maior flexibilidade para balancear os ciclos de trabalho dos operadores. Neste tipo de *layout* há uma grande redução de *stock* em curso e uma melhor compreensão do fluxo por parte dos operadores. Os fluxos de logística e a zona de produção estão separados, permitindo que não haja interferência entre nenhum deles. Relativamente ao abastecimento logístico, este sofre uma melhoria de produtividade pelo facto do início e o final de linha se encontrarem muito próximos. No que diz respeito à área ocupada, é possível verificar uma redução significativa onde não existe qualquer *stock* intermédio. A flexibilidade apresentada por este tipo de *layout* reside na possibilidade de alterar a capacidade de produção por uma variação do número de operadores e, também, na capacidade de proporcionar entreaajuda entre os operadores. (Coimbra, 2009)

Relativamente à produção por lotes presente no *layout* funcional é possível agora fazer um paralelismo com o *layout* de processo em célula ou em fluxo.

Tabela 1- Paralelismo entre layout de processo em célula ou em fluxo. Fonte: Kaizen Institute, 2013
(Adaptado)

	Layout funcional	Layout de processo
Organização do layout	“ilhas funcionais”	Processos organizados por sequência
Operadores	Operações Simples/Baixa polivalência	Operações múltiplas/Elevada polivalência
Stock em curso	Elevado	Mínimo (1 peça)
Muda de transporte	Elevado	Muito reduzido
Velocidade de produção	Superior ao Takt time e com variabilidade	Segundo Takt time
Investimento	Grande	Baixo
	(equipamentos para grandes produções)	(Equipamentos mais simples)
Área ocupada	Grande	Menor
Qualidade	Defeitos e Erros	Elevada
Flexibilidade face à variação da procura	Rígido	Flexível
Competitividade	Baixa	Alta

Dado que atualmente para ter sucesso, uma organização tem que ser flexível para se adaptar às variações do mercado, a partir da análise da tabela supra constata-se que a produção em fluxo é a que está mais alinhada com esta estratégia. Posto isto, toda a estrutura da organização deve estar alinhada com este objetivo, para que a sua capacidade de resposta seja o mais rápida possível às exigências do mercado.

Em muitas organizações o paradigma⁸ de produção em lotes de grandes quantidades e produtos *standard* foi ultrapassado, pois hoje em dia o mercado exige cada vez mais produtos altamente customizados. Para estas organizações sobreviverem tiveram que se adaptar a esta mudança, alterando o paradigma até então em vigor. Uma das metodologias mais utilizadas para o aumento da flexibilidade necessária à produção de produtos customizados é o SMED, que será explicado seguidamente.

⁸ Um paradigma é um modelo, uma regra ou um hábito que influencia a nossa maneira de interpretar uma dada situação ou problema.

2.4.2 – SMED

A metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED) está associada à melhoria da performance da mudança de ferramenta e é, por sua vez, definida por Shingo (1985) como uma abordagem científica à redução do tempo de *setup*, que pode ser aplicada em qualquer fábrica e a qualquer máquina. Esta metodologia é definida como a mudança de ferramenta em menos de dez minutos (Esrock, 1985), ou seja, num tempo que se traduza num minuto singular.

Em 1985, ano do lançamento do livro do autor Shingo, a metodologia SMED foi adotada pela indústria para melhoria das práticas produtivas. A aplicação desta metodologia é caracterizada por permitir tempos reduzidos de mudança de ferramenta, lotes de tamanhos reduzidos e por ser um dos pilares da produção *just-in-time*. (McIntosh, R. I. et al, 2000)

Outros autores descrevem a metodologia SMED tendo em consideração o seu efeito na flexibilidade produtiva. (Bahrami, 1992; Upton, 1995) Esta flexibilidade está associada à capacidade que uma máquina tem de trocar de referência. Quanto menor for o tempo despendido na troca de ferramentas, maior será o grau de flexibilidade associado a uma máquina.

A aplicação de SMED permite a redução dos tempos improdutivos, tornando as séries curtas mais económicas, reduzindo *stocks* e permitindo melhorar o serviço ao cliente. Por outro lado, permite aumentar a capacidade real das máquinas, diminuindo custos de produção e reduzindo a necessidade de investimento para aumento de produção. Se uma máquina produz as referências A e B num dia, realiza um *setup*. Caso o tempo associado a esse *setup* seja reduzido para metade, a máquina passa a poder produzir durante mais tempo, ou se necessário realizar mais *setups*. A redução do tempo de *setup* permite produzir mais referências no mesmo tempo disponível baixando, ao mesmo tempo, o nível de *stock*. Deste modo é aumentada a capacidade e a flexibilidade real da máquina em questão.

Atualmente, a competitividade dos mercados exige uma grande flexibilidade e capacidade de resposta por parte das empresas. Os avanços obtidos com a redução dos tempos de *setup* têm ajudado as empresas a ajustarem-se cada vez mais a essas necessidades.

Segundo Shingo (1989) os benefícios da aplicação do sistema SMED são:

- Ao serem reduzidos os tempos de *setup*, os rácios de operação das máquinas aumentam;
- Lotes pequenos reduzem o *stock* de produto acabado e os *stocks* intermédios entre processos;
- A produção pode facilmente adaptar-se a uma procura flutuante, ou a modificações na procura, ajustando os requisitos dos diferentes modelos de produtos e tempos de entrega.

A análise da Figura 10 permite identificar as quatro etapas de implementação da metodologia SMED, definidas por Shingo (1989):

- **Etapla preliminar:** está relacionada com o estado inicial, onde não existem diferenças entre trabalho externo e trabalho interno. O trabalho externo é o que pode ser realizado com a máquina ainda em funcionamento; já o trabalho interno apenas pode ser realizado com a máquina parada. Muitas das atividade que podem ser feitas ainda com a máquina a produzir a referência anterior (trabalho externo), estão a ser realizadas já com a máquina desligada (ou seja, como trabalho interno).
- **Etapla 1:** é a etapa mais importante da implementação do SMED uma vez que envolve a separação das operações de *setup* em internas e externas. Esta etapa envolve a elaboração de uma *checklist*, que inclui todas a partes intervenientes na troca de ferramenta, as condições das operações e os passos que precisam de ser seguidos ainda com a máquina a produzir a referência anterior. Em seguida deve-se confirmar o funcionamento de todas as partes para evitar atrasos durante o *setup* interno. Por fim, é a fase de implementação do método mais eficiente de transporte das partes necessárias, enquanto a máquina ainda está a produzir.
- **Etapla 2:** análise da operação de *setup* atual para determinar se alguma tarefa interna pode ser transformada em externa.
- **Etapla 3:** observar as tarefas internas e externas para identificar oportunidades de melhoria. Nesta etapa é suposto diminuir o tempo associado às tarefas internas através de apertos rápidos, onde os ajustes sejam eliminados – “*The quickest way to change a tool is not to change it at all*”.

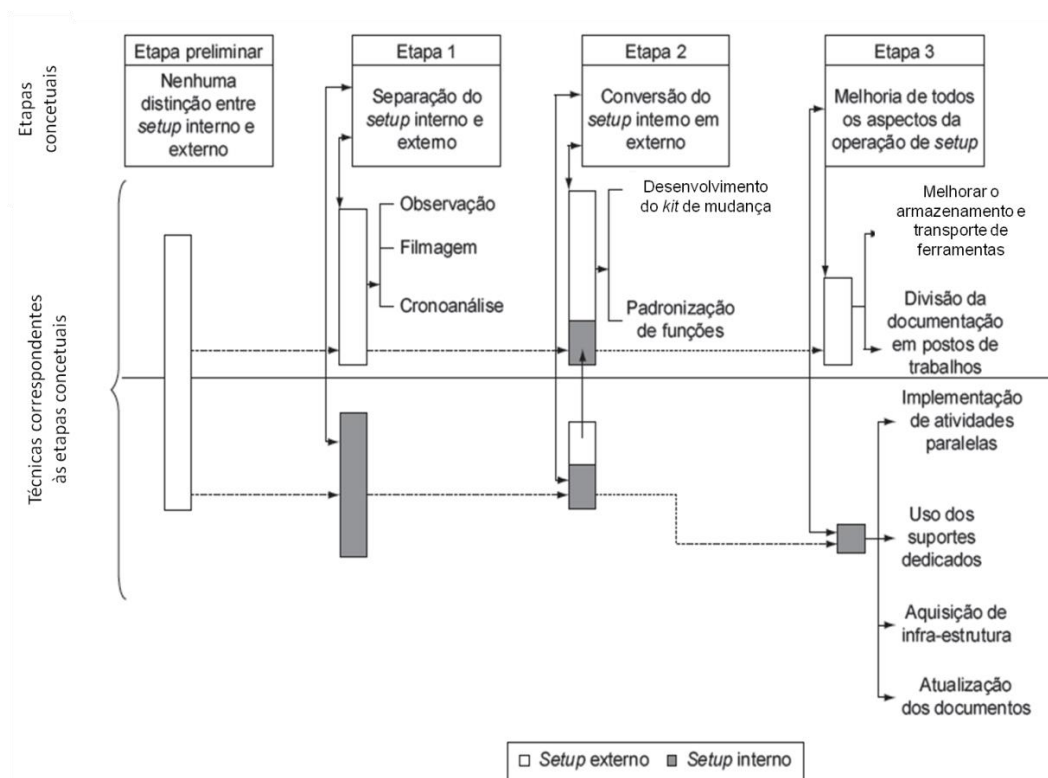


Figura 10 - Etapas do SMED. Fonte: Shingo, 1989 (adaptado)

2.4.3 – Standard work

O *standard work* é a terceira metodologia do pilar fluxo de produção do *total flow management*. É definido por Labach (2010) como a sequência de tarefas, balanceadas entre si, com o objetivo de obtenção de um nível de produção previamente estabelecido. Estas tarefas estão alocadas a um operador e balanceadas segundo o *takt time*. O objetivo do *standard work* é minimizar e controlar as variações de *output*, qualidade, WIP e custos. Para que o trabalho seja balanceado de acordo com o *takt time*, é necessário ter em consideração indicadores como o *tempo de ciclo*, a sequência de tarefas e o nível de WIP *standard*. É pela definição de todos estes elementos, alinhados com o *takt time* que o desempenho do processo é otimizado. (Labach, 2010)

Segundo West (2012) é possível melhorar processos através da melhoria da sua definição (representação física), ou melhorando a sua performance. Aquando da melhoria da definição de processos, algumas atividades que uma organização deverá considerar incluem:

- Criar novas representações de processos ou alterar as já existentes, para que as pessoas as considerem mais adotáveis, adaptáveis e úteis;

- Fazer com que as representações sejam mais acessíveis e intuitivas;
- Tornar as representações de processos mais flexíveis face às possíveis mudanças organizacionais;
- Alterar as representações de processos visando a mais fácil compreensão por parte das pessoas, para que estas as consigam utilizar de uma forma mais eficaz e eficiente.

Numa fase inicial, o processo de *standard work* passa por garantir condições essenciais de implementação: os processos devem estar desenhados de acordo com o conceito de *one piece flow*; deve haver uma repetição das sequências de trabalho; é necessário que haja um compromisso por parte do supervisor; e, por último, a abordagem ao acompanhamento e análise da *performance* deve ser feita de forma disciplinada, dando especial atenção a desvios comparativamente aos níveis esperados. (Labach, 2010)

Deste modo, existem algumas ferramentas que, segundo Labach (2010), podem ser utilizadas para a definição do *standard work*:

- Folha de medição/observação de tempos;
- Gráfico de barras do tempo de ciclo;
- Folha do *layout* do *standard work*;
- Diagrama de *spaghetti*;
- Documento onde estão listadas as tarefas de sequência de trabalho, de cada operador;
- Documento de monitorização do *standard work*;
- Documento com os principais pontos para o trabalho do operador.

2.4.4 – Bordo de linha

O bordo de linha caracteriza-se pelo espaço de armazenamento, junto das linhas de produção, de todos os recursos necessários à execução das operações. Este deve ser desenhado conforme as necessidades produtivas de cada local e estar o mais próximo do local onde os recursos são utilizados.

Segundo Browning e Heath (2010), o objetivo do *stock* em bordo de linha é fornecer peças, ferramentas, *kits* e equipamentos necessários na localização mais próxima possível da área de trabalho. Este princípio permite a eliminação da necessidade de deslocação à ferramentaria, bem como da espera pelos materiais. Algumas boas práticas associadas ao

conceito de bordo de linha passam pela instalação de mesas e prateleiras de suporte personalizadas, plataformas elevatórias de material e melhoria da iluminação no posto de trabalho. Como resultado é esperada, segundo estes autores, uma redução de 4% nas horas de trabalho *standard*.

O bordo de linha é também referido por alguns autores como *point-of-use storage system*, *line stocking system* e *continous replenishment system*. Segundo Hua e Johnson (2010), o bordo de linha está normalmente associado a um sistema de dois contentores – armazenamento e reposição – por cada componente. A limitação de espaço junto às células de trabalho pode requer o uso de prateleiras móveis para armazenar contentores de vários componentes (Conrad e Pukanic 1986)

A organização do bordo linha deve ser elevada e, simultaneamente, dotada de uma boa gestão visual para que o abastecimento da linha demore o menor tempo possível. A zona de armazenamento dos recursos necessário deve estar organizada de forma ergonómica do ponto de vista do operador, que retira os recursos para consumo, bem como, na perspetiva do transportador, que abastece o bordo de linha.

Durante o transporte dos materiais até ao bordo de linha deve ser assegurado que estes não sofram qualquer tipo de danos. Para tal, uma das técnicas utilizadas para garantir esse nível de segurança durante o transporte consiste no desenvolvimento de um dispositivo de acondicionamento apropriado aos diferentes materiais, técnica designada por *dunning*. (Coimbra,2009)

2.5 – Relação entre conceitos

Agora que foi estudado cada conceito individualmente, torna-se necessário analisar as relações existentes entre eles.

A abordagem ao conceito de produtividade passou por responder à questão: “como é possível a sua melhoria?”. Com este objetivo foi estudada a filosofia *Kaizen*. Sendo esta filosofia definida como melhoria contínua, existe uma relação implícita entre estes conceitos, que leva a que a sua combinação possa resultar na melhoria da produtividade.

É então, necessário estudar qual o foco a ter em consideração com a finalidade de alcançar este propósito. Estando a melhoria da produtividade associada, no caso em estudo, a ganhos

industriais, surge o *total flow management* como metodologia a aplicar. Por sua vez, o seu pilar relativo ao fluxo de produção toma especial ênfase. Este abrange várias metodologias possíveis de aplicar neste contexto, sendo que as abordadas neste documento são o SMED, o bordo de linha, o *line and layout design* e o *standard work*.

Assim, resumidamente, o esquema do trabalho desenvolvido foi o apresentado na Figura 11.

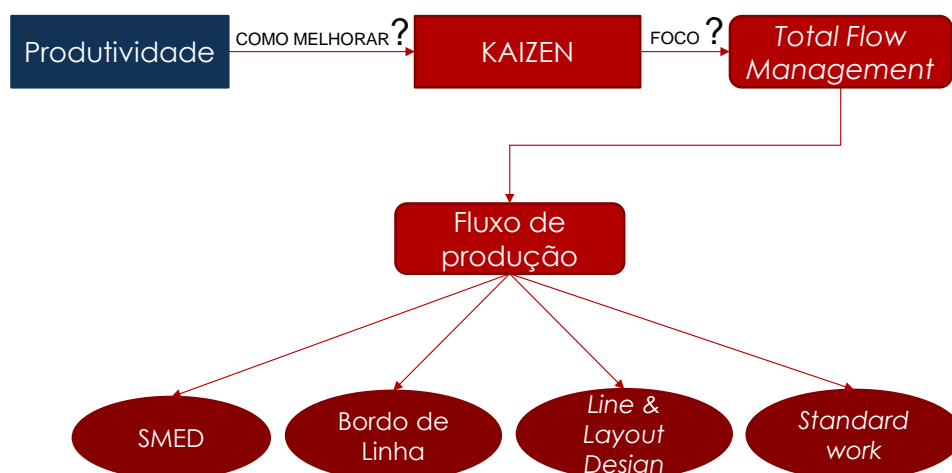


Figura 11 - Relação entre conceitos

Durante a aplicação de metodologias que contribuem para a melhoria contínua é necessário monitorizar e auditar a sua performance. Recorrendo à utilização de um quadro visual onde constam as atividades realizadas, o local da sua realização e os seus respetivos resultados, denominado de *kamishibai*, é possível fazer a gestão detalhada e a respetiva auditoria aos processos em questão. (Koch, T., et al, 2012)

Com este capítulo pretendeu-se fazer o enquadramento teórico do projeto realizado, explorando os principais conceitos e metodologias subjacentes ao mesmo. Nos próximos capítulos apresentam-se o local de desenvolvimento do estágio – a Sakthi Portugal, descrevendo-se o seu processo produtivo (Capítulo 3), bem como a abordagem, as metodologias utilizadas para a melhoria da produtividade do mesmo e os resultados obtidos (Capítulo 4).

Capítulo 3 – A Sakthi Portugal

No presente capítulo apresenta-se a empresa objeto de estudo, a Sakthi Portugal. É também feita uma introdução breve à indústria da fundição, para contextualização do processo produtivo em análise no projeto desenvolvido na Sakthi Portugal.

3.1 – Indústria de Fundição

A produção da indústria de fundição está, atualmente, concentrada em 10 países, responsáveis por grande parte da mesma. De acordo com os censos realizados a esta indústria em 2009 e 2012, a Alemanha é o país que mais fundido produz por fábrica, ascendendo a respetivamente 6,481 toneladas e 8,618 toneladas. Assim, e muito embora a China ocupe o primeiro lugar na lista dos 10 países responsáveis pela maior parte de produção mundial na indústria de fundição, não é o país que mais produz por fábrica (Figura 12).

1. China 	42,500,000 metric tons Gray iron: 20,100,000 tons Ductile iron: 10,900,000 tons Steel: 5,400,000 tons Nonferrous: 5,500,000 tons	6. Russia 	4,300,000 metric tons Gray iron: 1,857,600 tons Ductile iron: 897,840 tons Steel: 731,000 tons Nonferrous: 473,000 tons
2. U.S. 	12,824,960 metric tons Gray iron: 4,296,420 tons Ductile iron: 4,479,680 tons Steel: 1,432,530 tons Nonferrous: 2,531,050 tons	7. Brazil 	2,859,898 metric tons Gray iron: 1,655,903 tons Ductile iron: 685,197 tons Steel: 252,020 tons Nonferrous: 247,198 tons
3. India 	9,344,400 metric tons Gray iron: 6,254,000 tons Ductile iron: 981,000 tons Steel: 1,158,000 tons Nonferrous: 891,000 tons	8. Korea 	2,435,800 metric tons Gray iron: 1,062,900 tons Ductile iron: 671,500 tons Steel: 160,900 tons Nonferrous: 526,500 tons
4. Japan 	5,342,837 metric tons Gray iron: 2,209,307 tons Ductile iron: 1,377,385 tons Steel: 213,199 tons Nonferrous: 1,506,388 tons	9. Italy 	1,959,680 metric tons Gray iron: 626,435 tons Ductile iron: 416,805 tons Steel: 72,184 tons Nonferrous: 844,256 tons
5. Germany 	5,214,114 metric tons Gray iron: 2,392,654 tons Ductile iron: 1,641,528 tons Steel: 217,197 tons Nonferrous: 931,056 tons	10. France 	1,800,156 metric tons Gray iron: 657,700 tons Ductile iron: 675,700 tons Steel: 102,200 tons Nonferrous: 364,556 tons

Figura 12 - 10 maiores países na produção de fundido. Fonte: 47th Census, 2013

Em 2009, a Europa produziu 12 milhões de toneladas de fundido, que representam 15,957% da produção mundial. (44th Census, 2010). Já no ano de 2012, a Europa foi responsável por 16,227% da produção mundial, que equivale a uma produção de 15,4 milhões de toneladas. (Figura 13) (47th Census, 2013)



Figura 13 - Total de fundido por regiões Fonte: 47th Census, 2013

No caso de Portugal, em 2009 a produção total de fundidos atingiu as 127,043 toneladas, repartida por 92 fábricas. No ano de 2012 a produção subiu para as 146,082 toneladas e o número de fábricas em atividade reduziu-se para 68, pelo que a produção por fábrica em Portugal seguiu a tendência mundial, aumentando de aproximadamente 1380 toneladas para cerca de 2148 toneladas. (44th Census, 2010 e 47th Census, 2013)

3.3 – Apresentação da Sakthi Portugal SA

A *Sakthi Portugal* é uma empresa que produz componentes em ferro fundido, tendo como mercado alvo a indústria automóvel. Está situada na cidade da Maia, freguesia de Vermoim e integra o *Sakthi Group*, cuja empresa mãe – *Sakthi Sugars* – está sediada em Coimbatore, Índia.

A *Sakthi Sugars* dedicou-se, durante a década de 60 à produção de açúcar, comercializando e produzindo hoje produtos como etanol, produtos à base de soja, estando também na indústria de produção de energia, indústria têxtil, logística, indústria de componentes para automóveis – onde está situada a *Sakthi Portugal* – entre outros setores. A *Sakthi Portugal* pertence ao *Sakthi Group* desde 2007, embora a sua fundação remonte a 1972.

A *Sakthi* Portugal produz componentes de segurança para automóveis como caixas diferenciais e sistemas de travão (Figura14). Existem várias famílias de produtos produzidos, sendo as peças associadas ao sistema de travagem as de maior produção. Hoje em dia, a *Sakthi* prima pela qualidade e rigor na produção de componentes – sendo inclusivamente a empresa *best in class* no que diz respeito a indicadores destas variáveis. Esta organização exporta mais de 90% da produção e tem cerca de 600 trabalhadores, estando dividida em cinco unidades de negócio (Fusão, MK4, MK5, D230 e GF)



Figura 14 - Exemplo de produtos produzidos na Sakthi

3.4 – Descrição do processo produtivo

O processo produtivo da *Sakthi* Portugal caracteriza-se pela conjugação de três áreas: fusão, moldação e acabamentos.

A fusão é abastecida pelo parque de sucata que, em parte, é comprada a terceiros, sendo a restante resultante de todo o processo produtivo interno. A fusão de ferro ocorre nesta área e, após ser vazado o ferro líquido para os fornos *ASEAS*⁹ – local de recolha de ferro – este é distribuído por empilhadores pelas quatro linhas de moldação. Existem quatro fornos nesta zona responsáveis pela fusão do ferro, dois com maior capacidade e dois com menor.

⁹ Fornos *ASEAS* – São fornos de manutenção de metal líquido enquanto se preparam os próximos ciclos nos fornos de fusão.

O ferro fundido da fusão recebe, posteriormente, alguns tratamentos químicos na zona de controlo de processo (Figura 15), sendo depois transportado, por empilhadores responsáveis pelo abastecimento das banheiras (recipiente de armazenamento de ferro líquido na máquina de moldação) presentes nas linhas, para a moldação. O operador do



Figura 15 - Controlo de processo

vazamento, na moldação, é responsável por libertar o ferro da banheira para os moldes. As referidas banheiras são visualmente semelhantes às banheiras de banho, e numa fase mais avançada deste documento vão ser alvo de análise.

Para que o processo de moldação ocorra são necessários machos feitos em areia, que são responsáveis pela forma interna da peça e são oriundos da macharia. (Figura 16) Cada linha de moldação é responsável pela execução de várias referências.



Figura 16 - Exemplos de machos. Machos na linha de moldação GF (moldação na horizontal)

A etapa que se segue é a dos acabamentos. No que diz respeito às peças resultantes das linhas de moldação das Disas¹⁰ (D230, MK5 e MK4) o local de acabamento é comum (zona 1), sendo as peças produzidas pela máquina GF acabadas numa zona em separado (zona 2). Durante o projeto, o foco no desenho de novas linhas ocorreu na zona de acabamentos 1. (Figura 17)

¹⁰ DISA – Marca das máquinas de moldação da Sakthi Portugal

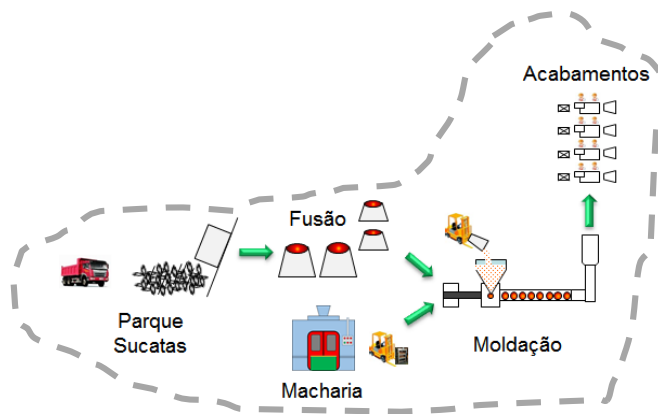


Figura 17 - Processo produtivo

O projeto irá focar-se na máquina/linha de moldação D230 e nos acabamentos das máquinas Disas (MK4, MK5 e D230). De referir que a máquina de moldação D230 tem uma representatividade de 40% de trabalhadores diretos da fábrica, o que por si só justifica o enfoque deste projeto.

Na fundição e moldação o indicador de produtividade é o fundido aproveitado, que é dado pela seguinte expressão:

$$\text{Fundido Aproveitado (FA)} = N^{\circ} \text{ moldações} \times \text{Peso do cacho} \times \text{Rendimento} \times 0,9$$

O indicador de FA é definido pela equação supracitada onde, o fator multiplicativo 0,9 advém dos 10% de refugo e perdas associadas ao processo produtivo. Ou seja, o FA de uma determinada referência, depende do N° de moldações, do Peso do seu cacho, do Rendimento e do Coeficiente de refugo e perdas. Em termos práticos, o FA é a parte do fundido vazado que é aproveitado para a peça, sem contar com aquele que fica nos alimentadores e que tem outros fins. (Figura 18)

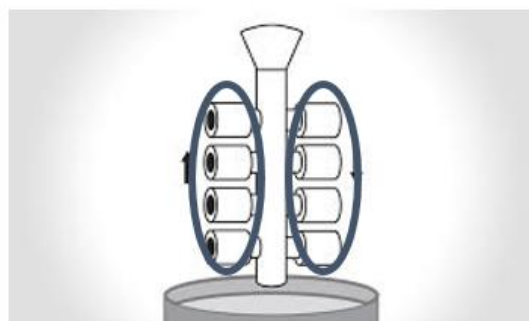


Figura 18 - Fundido aproveitado visual

No setor dos acabamentos o indicador de produtividade é dado pela seguinte fórmula:

$$\text{Produtividade} = \frac{n^{\circ} \text{ de peças}}{\text{Homem} \times \text{Hora}}$$

Neste, como em muitos outros processos, foi identificada a necessidade de melhoria, para que a peça chegue em melhor estado aos acabamentos, eliminando-se a necessidade de retrabalho.

Em seguida, neste documento vão ser abordadas em detalhe as zonas de atuação e respetivas ações de melhoria implementadas, respeitando a seguinte ordem:

1. Moldação:

- a. Análise das oportunidades de melhoria da máquina de moldação D230
- b. Sincronização entre fusão e moldação (Projeto *Fórmula 1*)
- c. *SMED*
- d. Bordo de linha na D230

2. Acabamentos:

- a. Projeto *Kasa Nova*
- b. Desenho industrial
 - i. *Standard work*
 - ii. *Line and layout design*
- c. *Fórmula 1* nos acabamentos

Capítulo 4 – Abordagens à melhoria da produtividade na Sakthi Portugal

Atendendo ao esperado aumento de vendas para o ano de 2014, a *Sakthi* viu-se obrigada a procurar soluções de forma a satisfazer este aumento. Assim, foram adotadas metodologias com foco na melhoria da produtividade que serão apresentadas neste Capítulo.

4.1 Moldação – Máquina D230

A área de atuação que primeiramente foi alvo de análise foi a moldação, nomeadamente a máquina D230. A linha de moldação é composta por catorze operadores e tem uma produtividade de 6.397 moldações por dia (dados referentes a junho de 2013).

A análise feita a esta máquina passou por identificar (i) quais os problemas que poderiam estar presentes, (ii) quais as respetivas causas raiz, (iii) a abordagem que se deveria ter em conta para delinear soluções e, por fim, (iv) a quantificação dos ganhos resultantes das respetivas soluções.

Um dos problemas identificado a montante, e que se revela prejudicial numa fase mais avançada do processo produtivo, é a falta de ferro – concretamente, um atraso na entrega do ferro por parte da fusão origina uma paragem na máquina de moldação, dificuldades em estabilizar a temperatura do metal na banheira (lingotes) e problemas de qualidade. Simultaneamente, foram registadas movimentações desnecessárias de operadores - operadores com tarefas que acrescentam pouco valor - e processos de trocas de placas e banheiras não normalizados (Figura 19).

A classificação de “pouco valor acrescentado”, identificada em alguns casos, consiste em tarefas pelas quais o cliente final não está disposto a pagar. Deste modo a necessidade de redução ou até eliminação das mesmas, é tida como umas das prioridades para a organização.

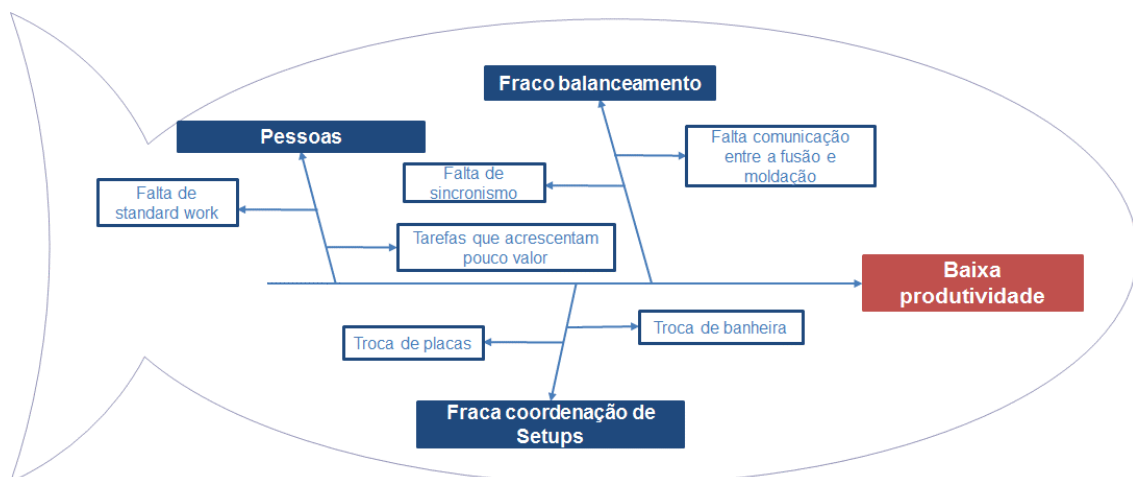


Figura 19 - Diagrama de Ishikawa máquina D230

Estando identificadas as oportunidades de melhoria, delinearam-se as possíveis soluções e as respetivas abordagens:

- Equilíbrio entre a fusão e a moldação : normalização dos ciclos - projeto *Fórmula 1*;
- Normalização das tarefas por posto de trabalho;
- Carro de bordo de linha para a zona de vazamento;
- Melhoria dos *standards* dos métodos de troca de placa e banheira;
- Nova mesa de apoio à preparação das placas na moldação;
- Diminuição das microparagens do vazamento.

4.1.1 *Fórmula 1*

Em relação ao débil balanceamento entre a fusão, transporte de ferro e moldação, a ação corretiva passou por normalizar os ciclos de abastecimento num projeto intitulado de “*Fórmula1*”. Este projeto englobou não só a linha D230, mas também as restantes três linhas de moldação, MK4, MK5 e GF, uma vez que o motivo de paragem era comum. Deste modo, foi desenvolvido um estudo com o intuito de criar um sincronismo entre a fusão do ferro e as linhas de moldação.

O projeto *Fórmula 1* consistiu em três fases principais. A primeira foi a definição dos objetivos e planeamento detalhado da sua implementação. A segunda fase foi a realização de uma semana de teste (9 a 13 de setembro), onde a produção foi testada como se fosse uma corrida de *Fórmula 1* ou seja, todos os tempos de desvio aos ciclos planeados foram

registados e encontradas as causas para os mesmos. A terceira fase consistiu na implementação definitiva do conceito *Fórmula 1* e criação de uma metodologia de resolução de problemas.

Na segunda fase, a fase de testes, as equipas estiveram coordenadas e estabeleceu-se uma comunicação instantânea das situações identificadas, visando um balanceamento consistente entre a fusão, o controlo de processo e a moldação. De modo a fazer o registo de todas as anomalias, foram seguidos onze equipamentos (figura 20) durante cinco dias, vinte e quatro horas por dia.

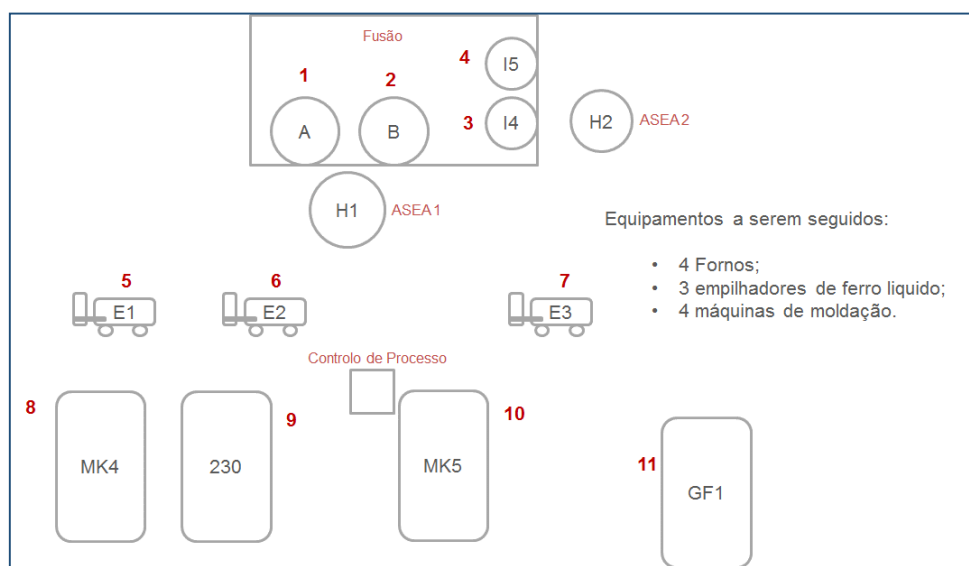


Figura 20 - Equipamentos a seguir no projeto Fórmula 1

Este seguimento exigiu a criação de um comissário de máquina responsável pela comunicação das anomalias e identificação das causas para as mesmas. Em relação aos ciclos de moldação, foram definidos para cada empilhador e máquina de moldação períodos de 30 minutos, enquanto que para os quatro fornos foram definidos períodos de 60 minutos. Esta definição teve por base o balanceamento dos quatro fornos e o tempo de fusão (1 hora). Desta forma foi possível que a cada 15 minutos um forno vazasse e fornecesse ferro às linhas de moldação.

Como contributo para o sucesso do projeto, e para que fosse conseguido um sincronismo entre todas as partes intervenientes, alguns pontos tiveram que ser pré-estabelecidos e acordados no que diz respeito à prestação das mesmas:

- A fusão teve que se organizar de maneira a produzir 30Ton/h, sincronizar os fornos de maneira a que estes nunca estivessem preparados para vaziar simultaneamente e, ainda, garantir que no início do teste tinha ferro fundido para entregar à moldação. A principal função da fusão era garantir a entrega total de metal nos fornos de manutenção de metal - ASEAS (local onde os empilhadores se vão abastecer de metal).
- A moldação teve que adaptar a sua produção para consumir todo o ferro produzido pela fusão. Nessa semana de teste não foram planeados ensaios nas máquinas e, uma vez que as máquinas se encontravam com uma cadência elevada (nº de moldações/ciclo), em caso de anomalia num dos fornos da fusão as máquinas deviam reduzir a sua cadência ou mudar de referência para uma peça que consumisse menos metal. Assim, evitava-se a paragem da moldação, das máquinas de transporte de ferro, bem como dos outros fornos. Deste modo garantia-se que o teste seguisse como previsto. Para estes casos foi criada uma norma que definia qual a ação a tomar no caso de ocorrer um problema com os fornos, as máquinas de moldação ou o transporte de ferro. Como exceção, nessa semana de teste a moldação passou a gerir o controlo de processo e a entrega de ferro às máquinas. De modo a garantir o abastecimento da moldação, a macharia teve que reforçar o seu *output* para garantir a produção de machos necessários.

No que diz respeito à gestão e tomada de decisão das várias áreas de negócio, a presença da equipa de *back office* durante as vinte e quatro horas no terreno foi crucial. Esta equipa era constituída pelos líderes de cada unidade de negócio, pelos controladores responsáveis do *back office* e pelos consultores do *Kaizen Institute* e *Azterlan*. O registo dos eventos em cada uma das máquinas e fornos, bem como os relatórios horários dos desvios, tendo por base um diálogo direto com os líderes presentes no turno, esteve a cargo das consultoras.

Relativamente ao transporte do férreo da fusão para a moldação, este passou a ser normalizado e instituiu-se a linguagem dos ciclos. Esta linguagem caracteriza-se por uma calendarização dos abastecimentos de acordo com o tempo de necessidade de abastecimento das máquinas de moldação e, deste modo, visa prevenir paragens nas máquinas por falta de ferro. Uma vez que as máquinas de moldação têm necessidades de abastecimento distintas, o transporte de ferro que inicialmente era realizado por dois

empilhadores, passou a ser feito por três, que, por sua vez, estavam alocados a máquinas, previamente definidas, com tempos de ciclo específicos.

Após o levantamento destes dados e passando agora a usufruir-se de três empilhadores para o abastecimento de ferro à moldação, o passo seguinte foi calendarizar os ciclos, sincronizando a fusão com a moldação. Este abastecimento contempla a passagem pelo controlo de processo, para proceder à adição de aditivos químicos, e a entrega do ferro nas banheiras das máquinas.

Alguns dos pontos pré-estabelecidos tiveram por base a análise dos ciclos de abastecimento até à data, para que fosse conseguido um equilíbrio entre fusão e moldação. Uma vez que, durante esta semana de teste, a moldação passou a ter consumos registados em ciclos de 30 minutos e o consumo histórico era de 24,6 Ton/hora, as máquinas MK4, MK5 e D230 necessitavam de ser abastecidas (tempo de *Feeding*) de dez em dez minutos; já a GF tem um tempo de *Feeding* de quinze minutos. A quantidade de ferro fundido no colherão do empilhador, assim como outros dados recolhidos, encontram-se discriminados na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados consumo histórico da moldação

Consumo Histórico	Mk4	230	Mk5	GF1	Total (Ton/hora)
Consumo em ciclos de 30 min (Ton)	3	3,5	3,4	2,4	24,6
Tempo de feeding (min)	12	12	12	15	
T Ciclo empilhador (min)	10	10	10	15	
Quantidade colherão (kg)	1000	1167	1133	1200	
Nº de ciclos empilhador	3	3	3	2	
Empilhador transporte ferro	E1	E2	E3	E3	

Para a capacidade de 30 Ton/hora, e uma vez que os colherões tinham capacidade para levar mais quantidade de ferro fundido, foi possível manter os ciclos de abastecimento na mesma ordem, aumentando apenas a quantidade de ferro transportada pelo colherão. (Tabela 3) Deste modo, manteve-se o número de ciclos do empilhador, ficando o empilhador 1 alocado a máquina MK4, o empilhador 2 alocado à máquina MK5 e o empilhador 3 alocado à máquina D230. A máquina GF passou a ser abastecida alternadamente pelos empilhadores 1 e 3. O aumento da quantidade de ferro transportada pelos colherões dos empilhadores teve em consideração o limite máximo de segurança dos empilhadores e não a capacidade máxima das banheiras, uma vez que este último era superior. Ou seja, o fator limitante foi o limite máximo de segurança de transporte de ferro fundido por parte dos colherões dos empilhadores.

Tabela 3 - Dados para um consumo de 30 ton/hora

Ensaio para 30 Ton/hora	Mk4	230	Mk5	GF1	Total (Ton/hora)
Consumo em ciclos de 30 min (Ton)	3	4,5	4,5	3	30
Tempo de feeding (min)	12	12	12	15	
T Ciclo empilhador (min)	10	10	10	15	
Quantidade colherão (kg)	1000	1500	1500	1500	
Nº de ciclos empilhador	3	3	3	2	
Empilhador transporte ferro	E1	E2	E3	E3	

No seguimento, dependendo do consumo horário, bastou apenas adaptar a quantidade no colherão, mantendo a frequência e o tempo de abastecimento. Durante a semana de teste, sempre que necessário, a quantidade do colherão foi ajustada ao consumo da referência presente na máquina. O consumo de ferro de 3 ton pela MK4, 4,5 ton pela D230, 4,5 ton pela MK5 e 3 ton pela GF a cada ciclo de 30 minutos, perfaziam um consumo de 30 ton da moldação. Deste modo o esquema de abastecimento horário dos empilhadores passou a funcionar como no exemplo apresentado na Figura 21 para o empilhador 1.

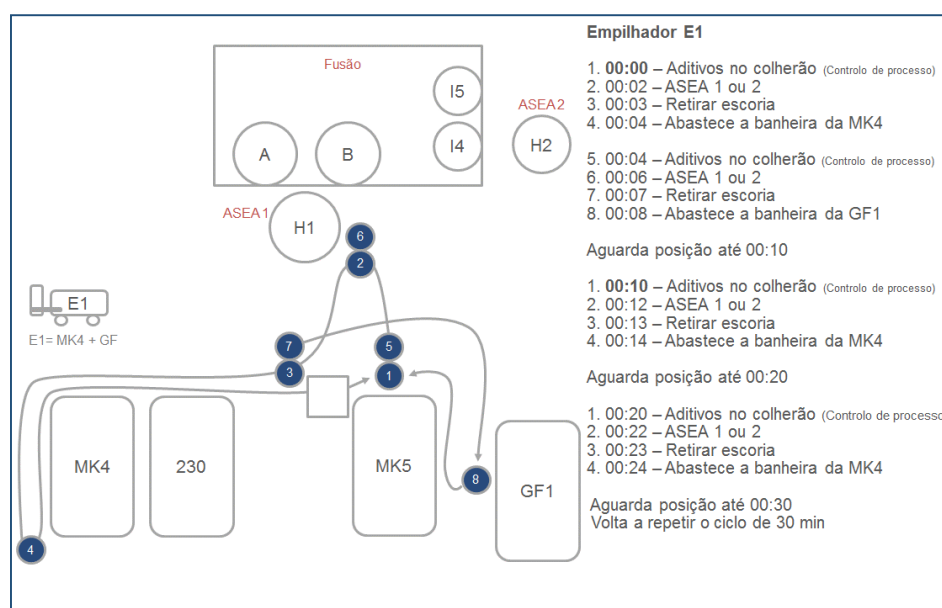


Figura 21 - Esquema visual de abastecimentos empilhador 1 (MK4 + GF)

No que diz respeito à fusão, os quatro fornos (A, B, I4, I5), assim como todos os equipamentos intervenientes no projeto *Fórmula 1*, estiveram programados para produzir ao máximo. Os fornos A e B são os que têm maior capacidade, pelo que o objetivo produtivo

era de 11 Ton/hora de ferro fundido, cada um; já os fornos I4 e I5 tinham como objetivo 4,5 Ton/hora.

Deste modo, como referido no início do tema do projeto *Fórmula 1*, para cada forno foi definido um período de 60 minutos, com o forno A a terminar de vaziar aos zero minutos da hora, o forno I4 aos quinze minutos, o forno B aos trinta minutos e o forno I5 aos quarenta e cinco. Deste modo, num ciclo de sessenta minutos os quatro fornos tinham vazado uma vez.

A gestão do cumprimento dos ciclos estabelecidos, o registo de paragens, bem como o desbloquear de algumas anomalias inerentes a uma semana de teste da produção na sua máxima capacidade, ficou entregue a uma equipa de dezasseis pessoas com tarefas bem definidas. (Figura 22)

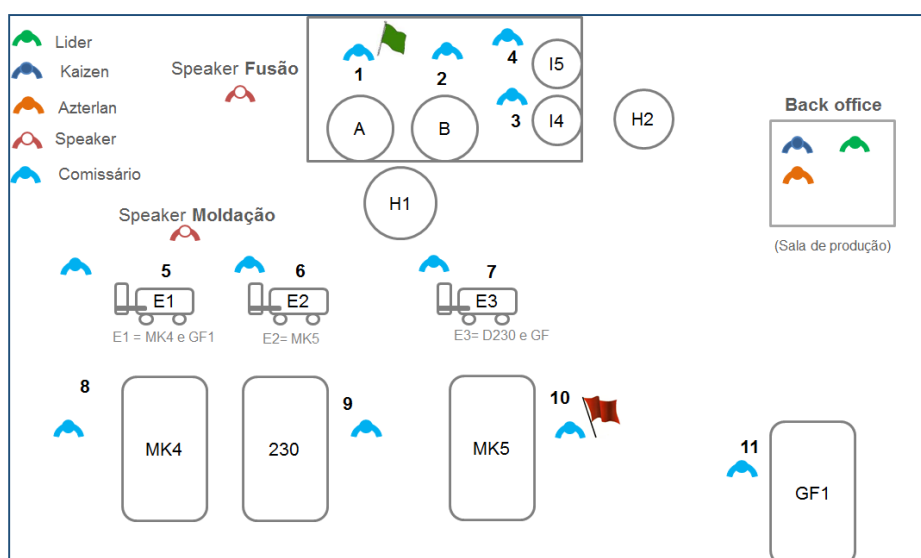


Figura 22 - Organização da equipa no terreno

Em termos de funcionamento da equipa, a fusão tinha um *speaker* responsável pela coordenação dos quatro fornos para vazarem ferro no tempo definido. O *speaker* da moldação tinha como objetivo a coordenação das quatro linhas de moldação com o transporte de ferro. O papel desempenhado pelos dois *speakers* englobava a tomada de decisões de produção durante a semana, a gestão das equipas de cada um dos equipamentos a serem seguidos, em caso de anomalias, a tomada de decisões sobre o próximo passo, e funcionavam ainda como elo principal de comunicação no turno por motivo de centralização da informação.

Por cada equipamento existia um comissário, responsável pelo registo das anomalias e pela comunicação de atrasos ou respostas a um *back office* inteligente. Esta equipa de comissários era composta por colaboradores oriundos de todos os departamentos da organização, desde o departamento de Recursos Humanos, ao Financeiro e ao Logístico (Figura 23).

Concretamente, a função de cada comissário era levantar uma bandeira vermelha, sinal de não cumprimento do ciclo por parte do equipamento, e uma verde, sinal de cumprimento do ciclo. Competia também ao comissário informar o operador responsável pelo equipamento do início do ciclo e do atraso do cumprimento do mesmo, se necessário. Através desta gestão visual, o *speaker* da respetiva área conseguia fazer o seguimento do cumprimento dos ciclos dos equipamentos. O comissário era ainda responsável por informar o *speaker* de turno e o *back office* das anomalias encontradas.



Figura 23 - Reunião de preparação com os comissários

O *back office* inteligente fez o seguimento *online* dos acontecimentos e a comunicação das anomalias aos dois *speakers* de turno. Coube a esta equipa a análise dos dados de produção a partir do programa existente na organização, *DataPro*, e respetiva comunicação aos *speakers* de turno das respetivas conclusões, com o objetivo de alinhar ou melhorar a produção de acordo com os regulamentos da empresa. Uma vez que desempenhava o papel de centralizador de informação, o *back office* assegurou a melhoria do teste de turno para turno, pelas conclusões retiradas a partir do trabalho do turno anterior. Como base, esta equipa teve a preocupação em analisar como pode ser feito o alinhamento correto entre os quatro fornos da fusão, os três empilhadores de entrega de ferro líquido, o controlo de processo e as máquinas de moldação.

Na sala de produção, onde estava reunida a equipa de *back office*, era feito um constante acompanhamento do que se passava no terreno através de rádios que permitiam uma ligação em tempo real com os *speakers*. Em função do resultado dessa comunicação, era atualizado um quadro de seguimento dos ciclos de cada máquina, denominado *Kamishibai*¹¹, com o cumprimento dos ciclos - a verde - e o não cumprimento - a vermelho. (Figura 25). Aquando de um vermelho, era registado o motivo para tal ter sucedido e, simultaneamente, era atualizado um gráfico de *Pareto* relativo ao equipamento em questão. (Figura 24)



Figura 24 - Gráficos de Pareto das paragens no back office

Nesse *Kamishibai* estavam presentes os onze equipamentos a ser seguidos e, para além do cumprimento ou não do ciclo, era também registado o número de moldações realizadas pelas respetivas máquinas de moldação. Este *Kamishibai*, permanentemente atualizado, era transmitido nos monitores da fábrica que estavam localizados junto de cada equipamento, para que, de uma forma visual, fosse possível o acompanhamento *online* da *performance* de turno por parte de todos os intervenientes no projeto *Fórmula 1*.

		Mold AREA 1		Mold AREA 2		SAKTHI		Fórmula 1		23:30	261 Ton	263 Ton										
		14	12								Até última hora	PROJEÇÃO DO DIA										
		13:29	13:30 - 14:29	14:30 - 15:29	15:30 - 16:29	16:30 - 17:29	17:30 - 18:29	18:30 - 19:29	19:30 - 20:29	20:30 - 21:29	21:30 - 22:29	22:30 - 23:29										
Forno A			ESCORRA			CARGA		Problema Eléctrico														
Forno B																						
Forno 14					NYARA ELÉTRICA																	
Forno 15																						
Exp. 1. MK4																						
Exp. 3. D230			M.R.O.																			
Exp. 2. MK5								T.Ferro														
Exp. 4. GF																						
MK4								T.Ferro	T.Ferro													
250	6.000	3.500	270	3.030	300	4.130	300	4.430	240	4.670	200	4.950	200	5.210	120	5.330	310	5.640	290	5.930	270	6.200
D230			M.R.O.																			
305	7.324	4.650	250	4.900	470	5.320	375	5.695	390	6.085	370	6.455	410	6.865	390	7.255	420	7.675	420	8.095	250	8.345
MK5				M.R.O.																		
221	5.304	3.445	200	3.645	300	3.945	310	4.255	310	4.565	320	4.885	325	5.210	325	5.535	325	5.860	325	6.185		
GF				M.R.O.										T.Ferro	P.Eléct	P.Meca	P.Mec	P.Mec	P.Mec	P.Mec	P.Mec	
70	1.680	1.177	81	1.258	89	1.347	77	1.424	80	1.504	85	1.589	83	1.652	1	1.653	1	1.654	1	1.655		
Areias																						

Figura 25 - Kamishibai de registo de anomalias

¹¹ *Kamishibai* – é uma metodologia de auditoria e controlo dos problemas do *gemba*. Na sua origem (Toyota) foi a forma encontrada para levar os responsáveis a conhecer e auditar as áreas de trabalho. Estas auditorias eram realizadas com elevada frequência.

Conclusões do Projeto Fórmula 1

Após uma semana de teste de *stress* à fábrica, foi possível chegar a um conjunto de conclusões com impacto na gestão da produção futura. Para tal, foi feito um ponto de situação baseado nos objetivos iniciais do projeto *Fórmula 1*, cujo foco era a criação de um balanceamento consistente entre a fusão, o controlo de processo e as máquinas de moldação.

Adicionalmente, associado a este objetivo estava a maximização da capacidade instalada, uma vez que as previsões da procura tendiam a aumentar. Para tal, era necessário validar a eficácia do modelo de gestão baseado no conceito de cumprimento de ciclos de produção. O cumprimento destes ciclos estava diretamente ligado à sincronização dos diferentes elementos de produção a partir de uma área centralizada - o *back office*.

O sucesso deste projeto piloto prendeu-se inevitavelmente com a comunicação permanente entre as diversas áreas, pois conseguiram antecipar-se situações problemáticas na produção. Ainda, e de forma crucial, é de salientar a envolvimento da gestão de topo, nomeadamente no que toca ao *empowerment* por parte do CEO da *Sakthi* perante os seus colaboradores, essencial para a preparação, arranque e sucesso do projeto.

Através deste teste de *stress* em produção real foi possível conhecer o potencial de produção e, simultaneamente, conhecer os principais problemas e fragilidades na produção sincronizada. A execução do projeto *Fórmula 1* permitiu não só analisar os principais motivos de paragens inerentes ao processo produtivo, bem como enumerar as possíveis consequências a jusante de uma produção programada com base no seu nível máximo. Deste modo foram identificados os seguintes problemas:

- Grande quantidade de escórias nos fornos da fusão, por excesso de areia na sucata (Figura 26);



Figura 26 - Escória presente nos fornos da fusão

- Problemas elétricos (Forno A) – água nos tirístores¹²;
- Refrigeração dos Fornos;
- Desconhecimento da quantidade exata de metal nos ASEAS em tempo real;
- Parque de sucatas – ausência de *standard* de trabalho no carregamento das balanças;
- Parque de sucatas – não utilização dos recursos disponíveis para limpeza e gestão/organização do parque de sucatas;
- Avarias frequentes nos computadores (carga de sucata);
- Problemas nos Periféricos (posto de transformação e compressor das areias);
- Mudança de placas/banheiras/composição muito lenta;
- Linhas não consomem todo o metal fundido;
- Velocidade de moldação não otimizada por máquina vs. referência;
- Gestão de produção da macharia desadequada à capacidade do novo modelo de produção;
- Aumento do WIP nos Acabamentos (tema a desenvolver mais à frente neste documento, no âmbito do Projeto *Kasa nova*).

Após o levantamento e análise dos fatores previamente apresentados, o projeto *Fórmula1* obteve como resultado relevante a capacidade de antecipação das decisões e, por consequência, a capacidade de optar por melhores decisões. Através desta monitorização

¹² *Tirístores* - A função de um tiristor é de abrir e fechar circuitos com grandes cargas, como motores, eletroímãs, aquecedores, converter corrente alternada em corrente contínua e vice-versa.

constante do processo produtivo, foi possível ter uma atitude proactiva face aos problemas e rapidamente tomar decisões em conjunto, que se revelaram mais adequadas.

Relativamente à produção de metal fundido aproveitado, durante a semana de teste obteve-se uma média de 272 Ton/dia o que, face às 227 Ton/dia produzidas entre junho e setembro, representa um ganho de 20%. (Figura 27)

Deste modo conclui-se que é possível produzir 272 Ton/dia e simultaneamente satisfazer as necessidades dos clientes. A monitorização, em tempo real, da quantidade de metal nos ASEAS, é fundamental. Para tal, é necessário a mobilização de toda a organização num objetivo comum de produção máxima. Algumas sugestões de melhoria a nível dos moldes foram também levantadas durante a semana de teste, principalmente no que diz respeito ao seu peso e rendimento com o objetivo final de melhorar o Fundido Aproveitado (FA).

Conclui-se assim que a semana piloto do projeto Fórmula 1 foi um marco na gestão da produção. O modelo de gestão baseado no cumprimento dos ciclos foi validado e encontra-se atualmente a ser cumprido, apenas com uma única exceção, a dos comissários. De facto, embora durante a semana de teste estes tenham sido essenciais no levantamento dos motivos de paragem e controlo dos ciclos, concluiu-se que posteriormente esse trabalho poderia ser feito pelo próprio operador da máquina. Com o novo modelo de gestão as 272 Ton/dia de fundido aproveitado evoluíram para 300 Ton/dia até ao final do mês de Dezembro, o que se traduz num aumento de 10% em quatro meses. (Figura 27)

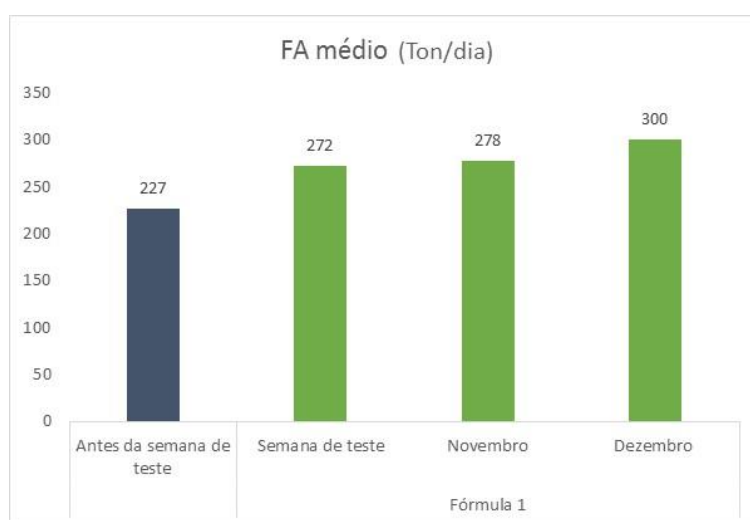


Figura 27 - Indicador Fundido aproveitado médio antes e depois do projeto *Fórmula 1*

Como resultado, no chão de fábrica obteve-se uma equipa de operações muito mais motivada em fazer mais e melhor. Sempre que deparados com algum problema, algum vermelho no *kamishibai*, os operadores do chão de fábrica são os primeiros a sugerir soluções de melhoria e a tentar resolver a situação. O facto da monitorização da produção estar presente *online* por todo o chão de fábrica estimulou ainda mais a proatividade das equipas. (Figuras 28 a 29)



Figura 28 - Monitores presentes no terreno com o Kamishibai (ponto 1); semáforo no terreno sobre o cumprimento dos ciclos para a visualização da equipa da fusão (ponto 2)



Figura 29 - Atualização do Kamishibai e rádios no Back office (ponto 1); relógios no terreno com os ciclos dos empilhadores (ponto 2)

4.1.2 SMED – Troca de placa e banheira na máquina D230

Outra das oportunidades de melhoria encontrada na máquina D230, como previamente referido neste relatório, foi relativa aos *standards* dos métodos de troca de placa e banheira. Inicialmente, a troca de placas na linha de moldação D230 era um processo que demorava quarenta e quatro minutos. Neste *setup* havia ausência de método, o tempo de preparação era muito variável e não havia distinção entre trabalho interno e trabalho externo.

Face a esta questão, a abordagem passou por, junto do responsável da unidade de negócio D230, definir como se ia tratar este problema. Posto isto, o processo de análise foi composto por duas fases: estudo no terreno do *setup* e formação em sala à equipa das operações.

Primeiramente procedeu-se ao acompanhamento da mudança de ferramenta no terreno, sem qualquer interferência no procedimento normal, incluindo a filmagem do procedimento para posterior análise. Para tal, teve que se comunicar aos operadores no que ia consistir esta intervenção e qual o objetivo final. Assim, nos dias das filmagens apenas se encontravam no terreno os operadores que não viam qualquer impedimento na gravação da troca. Após a filmagem, foi feito o levantamento de informação relativa às tarefas realizadas, e respetivas durações, ferramentas envolvidas e operadores responsáveis.

A etapa seguinte consistiu em separar o tipo de trabalho identificado em externo e interno, ou seja, trabalho prévio que se pode fazer antes da paragem da máquina e aquele que, inevitavelmente, só se pode realizar com a máquina parada. Por fim, identificaram-se também algumas tarefas possíveis de realizar já com a máquina a produzir a próxima referência, sem qualquer interferência na produção da máquina.

Como trabalho externo, foram identificadas tarefas tais como a colocação da respetiva data nas placas, o pré-aquecimento das mesmas e o transporte das placas até à Disa. Uma das grandes oportunidades de melhoria identificadas foi o encurtamento da distância onde se localizavam as placas antes do *setup*, obrigando o operador a afastar-se da máquina para ir buscar, de empilhador, as placas que necessitava. Como resultado, foi criada uma mesa de apoio junto à máquina com o objetivo de minimizar essa deslocação e consequentemente diminuir o tempo de troca de placas. (Figura 30)



Figura 30 - Norma da mesa de apoio para troca de placas

Uma vez que não havia um método para a troca de placa, foi feito um *one point lesson*¹³ para que o *setup*, independentemente do operador que o realizasse, cumprisse sempre a mesma norma. (Figura 31) Neste documento estão discriminadas as tarefas e a sua sequência, e cada uma delas tem uma fotografia, de modo que, de uma forma visual, seja possível ficar clara a execução das mesmas. Uma vez que, e para que este *setup* fosse mais curto, eram necessários dois operadores, elaborou-se um documento para cada um dos intervenientes na troca.



Figura 31 - One point lesson mudança de placa

Para que as oportunidades de melhoria fossem o mais abrangentes possível e, sugeridas pelo maior número de intervenientes diretos na troca de ferramenta, a abordagem aos *setups* contou em parte com a opinião dos operadores. Para tal, numa segunda fase fez-se uma formação em sala com a equipa das operações, repartida nos três turnos laborais (cinco

¹³ *One Point Lesson (OPL)* – Lição Pontual ou Lição Ponto a Ponto é a forma de representar uma operação *standard*. Deve ser visual, fácil de entender e de realizar.

operadores cada), sobre SMED. Esta formação esteve dividida em duas partes: introdução dos conceitos teóricos e jogo de aplicação prático.

Na introdução dos conceitos teóricos foi feito um constante paralelismo com os *setups* existentes na máquina em questão, com o objetivo de suscitar nas equipas presentes uma atitude proactiva e, assim, dar início a uma discussão acerca do tema. Esta primeira parte serviu como base para que todos os presentes estivessem alinhados com o objetivo da formação e contou com alguns exemplos de casos de possível aplicação da metodologia.

Durante esta primeira parte da formação, uma das dificuldades encontradas, comum aos três grupos de operação, foi o esclarecimento do significado do conceito de troca de ferramenta, numa abordagem de *SMED*. Para muitos dos operadores a troca de ferramenta englobava, por exemplo, a troca da placa da referência anterior para a nova, na sua interpretação mais prática. Assim, a transmissão de que a abordagem para a troca de ferramenta segundo o *SMED* contempla o tempo que decorre desde a última peça boa, da referência anterior, até a primeira peça boa, da nova referência, foi alvo de um esclarecimento cuidado.

Esta parte incluiu também a apresentação das diferentes etapas do *SMED*, começando-se com a distinção entre os dois tipos de trabalho, externo e interno, seguida da etapa de transformação de trabalho interno em externo. Aqui a discussão sobre a troca de banheira, que até então não tinha sido alvo de análise, tomou a devida importância, tendo sido identificados alguns problemas encarados como oportunidades de melhoria:

1. A baixa temperatura da parte de trás a que se encontrava a banheira aquando do *setup*, o que originava um atraso no arranque da produção até que a banheira atingisse a temperatura ideal. (Figura 32);



Figura 32 - Exemplo de banheira presente numa máquina de moldação

2. A posição do *stoper* muitas vezes não era a correta;
3. Uma vez que durante o *setup* era necessário registar a temperatura do ferro num *software*, sendo este comum ao controlo de processo, quando este estava em utilização por parte do controlo do processo, deixava de estar disponível para o *setup*;
4. Para o arranque da máquina é necessário que a banheira seja abastecida de ferro líquido e este abastecimento é decomposto em dois abastecimentos;
5. Perda de temperatura do ferro líquido nos ASEAS;
6. Elevado tempo de espera pelo resultado da amostra X (amostra retirada ao ferro líquido quando é entregue à banheira), obrigando um operador da máquina a ausentar-se da mesma para a ir até ao departamento de qualidade.

A segunda parte da formação consistiu num jogo de aplicação prática dos conceitos teóricos relacionados com o *SMED*, apresentados na primeira parte, num jogo que simulava uma mudança de ferramenta. (Figura 33)



Figura 33 - Jogo do SMED (simulação de uma troca de ferramenta); identificação de trabalho externo e interno

Com a aplicação prática dos conceitos previamente abordados na formação, a equipa das operações identificou algumas semelhanças entre o jogo realizado e os *setups* da máquina D230. Assim, durante a formação, foram identificadas algumas soluções possíveis para os problemas - oportunidades de melhoria - acima mencionados, nomeadamente:

1. Existência de um queimador para a parte de trás da banheira, ou de um queimador que permitisse pré-aquecer a banheira na totalidade;
2. Verificar a posição de *stoper* com uma hora de antecedência relativamente ao *setup*;

3. Ter um *software* para a moldação independente do *software* do controlo de processo. Este *software* apenas necessita de continuar a ter acesso à pesagem de ferro líquido que é feita no controlo de processo;
4. Uma vez que o colherão tem capacidade para tal, fazer os dois abastecimentos para o arranque da máquina, num único abastecimento;
5. Estudo da perda de temperatura do ferro líquido nos ASEAS para que se saiba, por antecipação, a temperatura de chegada do ferro à máquina;
6. Ter alguém da equipa da qualidade disponível para recolher e analisar a amostra X.

Após a realização da formação foram aplicadas algumas alterações no modo operativo de mudança de banheira (Anexo 1). Na prática estes ganhos rápidos representaram uma redução em 21% do tempo dedicado a este *setup* (Figura 34).

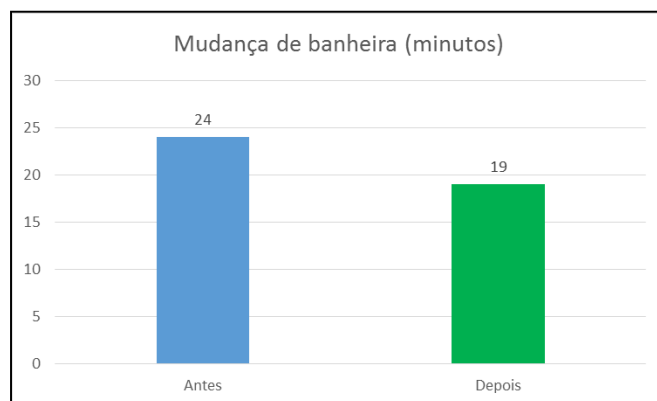


Figura 34 - SMED

4.1.3 Bordo de linha – Máquina D230

Relativamente à zona de vazamento da máquina D230 foi identificado que havia, por vezes, falta de material e material em excesso o que, em ambos os casos, é considerado desperdício. Estes materiais eram abastecidos por um operador da máquina e estavam localizados a uma distância ainda consideravelmente grande, em relação à máquina. Deste modo, fez-se um levantamento das necessidades desta área quanto aos materiais que seriam consumidos por cada turno. (Tabela 4)

Tabela 4 - Materiais necessários para o vazamento

Materiais abastecimento Vazamento	Quantidade
Copos Cerâmicos	10/turno
Chapas de tratamento	50/turno
Varetas de rejeição	15/turno
Inoculante	12/turno
Cartuxos de temperatura	30/turno
Báinhas	2/semana
Colheres de limpeza	2/turno
Côco	1/semana
Stoper	1/semana
Cana Pirométrica	1/semana

O passo seguinte foi o desenvolvimento do desenho de um carro de bordo de linha, capaz de satisfazer as necessidades de cada turno em termos de material. Este carro passaria a ser repostado, todos os turnos, com os materiais que previsivelmente iam ser consumidos. O desenho do carro de bordo de linha teve em conta o leque alargado de dimensões e pesos dos diversos materiais. (Figura 35)

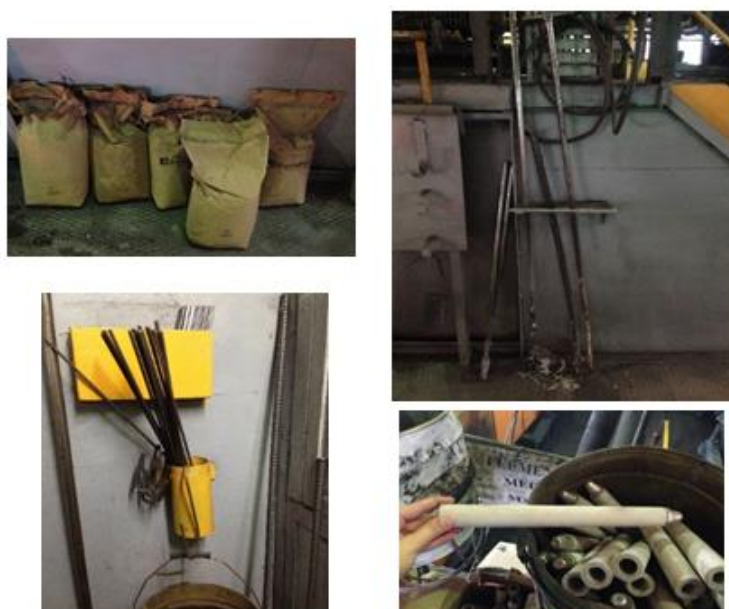


Figura 35- Exemplo de materiais de bordo de linha.

Uma vez que o trajeto a percorrer pelo empilhador responsável pelo transporte do carro entre a linha e o local de reposição era pouco seguro, a estabilidade do carro foi algo tido

em consideração. Aqui aplicou-se o conceito de *dunning* abordado no Capítulo 2. A parte inferior do carro teria que ser compatível com o empilhador à semelhança de uma palete, de forma a garantir segurança durante o processo de transporte. Outro dos aspetos em consideração no desenho do bordo de linha foi a ergonomia do carro para os operadores do vazamento.

Relativamente ao carro em si, este não foi fisicamente contruído por haver outras áreas de atuação mais urgentes na altura. Mesmo assim o responsável de linha considerava este como um ponto relevante e, portanto, validou-se o conceito e diagnóstico dos materiais necessários. Estas fases são essenciais para o sucesso do carro de bordo de linha.

4.2 Acabamentos – Projeto Kasa Nova

Como já referido no capítulo das conclusões do projeto Fórmula 1, do presente documento, um dos problemas identificados no decurso deste projeto foi o aumento do *work in progress* (WIP) nos Acabamentos. O projeto *Kasa Nova*, que agora se apresenta, aborda o processo de adaptação dos acabamentos, face a este aumento de toneladas de ferro fundido a montante no processo produtivo. Para que seja possível acabar as peças produzidas pela moldação, a zona dos acabamentos teve também que se adaptar ao novo modelo de produção.

A análise da situação nos acabamentos teve início em novembro de 2013 e, na altura, o *layout* contemplava duas plataformas (1 e 2) e 5 linhas. Nas plataformas eram acabadas essencialmente peças das máquinas D230 e MK4, enquanto as peças da MK5 eram acabadas nas linhas. (Figura 36)

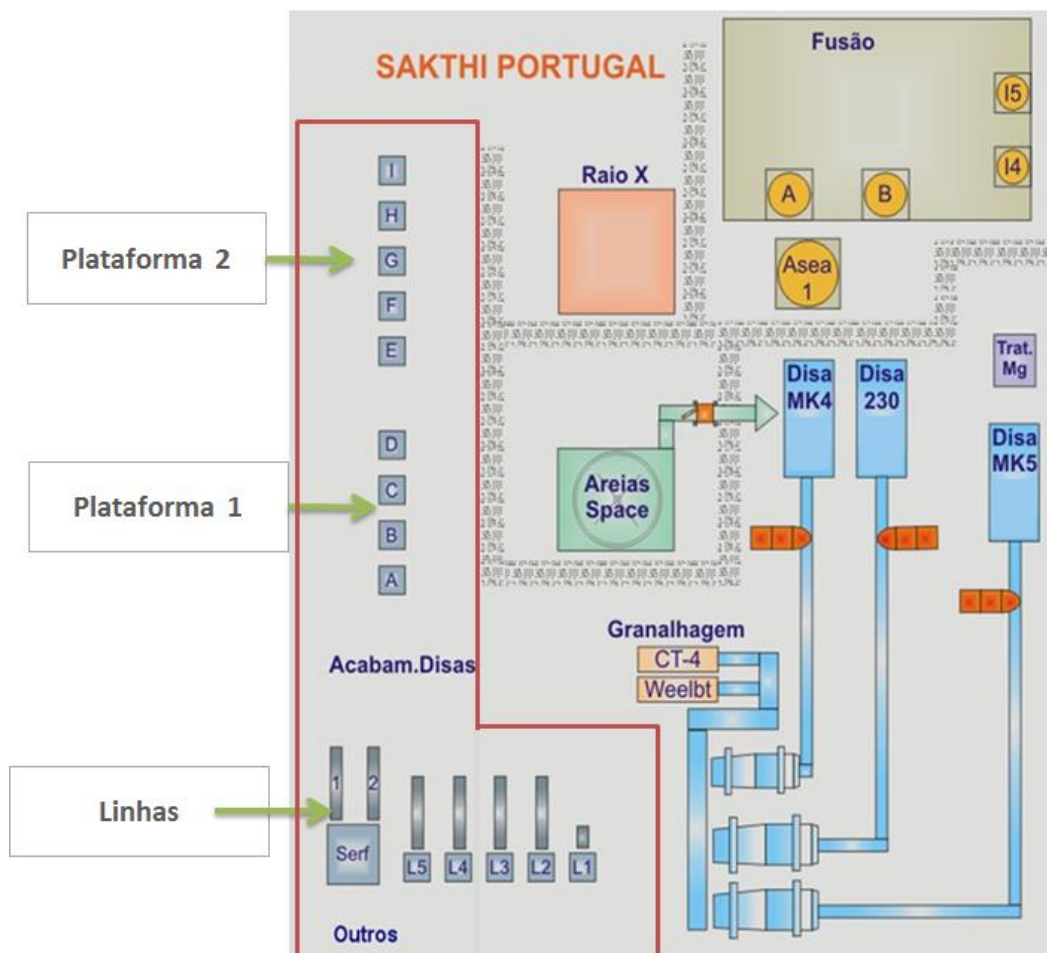


Figura 36 - Planta da Sakthi

Estavam alocadas 127 pessoas à zona de acabamentos (1 responsável, 3 chefes de turno, 11 condutores de empilhadores, 48 controladores e 48 rebarbadores) que, à semelhança das outras áreas da fábrica, laborava três turnos por dia.

Inicialmente o indicador presente nos acabamentos ainda era relativo a toneladas produzidas, à semelhança de toda a fábrica. Assim em novembro de 2013 o indicador de produtividade era de 155 Ton/dia, o que face às 180 Ton /dia de previsão, alertava para a necessidade de intervenção.

No que diz respeito a indicadores de produtividade, e uma vez que a zona de acabamentos é caracterizada por um processo exclusivamente manual, chegou-se à conclusão de que o indicador de Ton/dias não era o mais indicado, mas sim o número de peças acabadas. Ao contrário da fusão e moldação, onde o processo engloba diretamente mais máquinas e depende menos da atividade manual, a zona de acabamentos necessitava de um indicador ajustado ao operador. Este tinha como objetivo refletir o trabalho da equipa de operações de uma forma ajustada ao tipo de trabalho aí desenvolvido.

Esta alteração prendeu-se com o facto de o peso da peça influenciar diretamente o indicador inicial, em toneladas – uma peça mais leve tem associada uma quantidade em toneladas inferior comparativamente a uma peça com mais peso, o que não invalida que em termos de indicador de número de peças, seja o mesmo ou até superior. Uma vez detetado o desajuste do indicador utilizado, instituiu-se um novo indicador de produtividade nos acabamentos, adequado ao tipo de trabalho realizado.

$$Produtividade = \frac{n^{\circ} \text{ de peças}}{\text{Homem} \times \text{Hora}}$$

O projeto *Kasa Nova* esteve dividido em quatro grupos funcionais com responsabilidades distintas ao nível do *output* dos acabamentos: (i) Operações (ii) Engenharia (iii) Eficiência Moldação e Macharia e (iv) Projeto Industrial. Cada um destes grupos reunia-se diariamente para resolver questões relacionadas com o bom funcionamento dos acabamentos. Nesta fase foi necessário realizar o seguimento dos indicadores relativos aos quatro grupos. De realçar que no Grupo Projeto Industrial para além do seguimento dos indicadores, existiu o envolvimento no desenho do novo *layout*.

O grupo **(i) Operações** era constituído pelo líder dos acabamentos, o chefe de turno e um elemento da consultora Azterlan. Durante as reuniões diárias às 10:30, o chefe de turno tinha como objetivo enumerar problemas relativos a três peças que se encontravam nos acabamentos. O líder, juntamente com o consultor da Azterlan, discutia a possível origem dos problemas presentes nas peças apresentadas e ficava responsável por transmitir a informação ao departamento de engenharia. A título de exemplo, em peças com defeitos em determinadas zonas (Figura 37), o líder transmitia a informação à Engenharia que, por sua vez, atuava nas placas de molde.



Figura 37 - Exemplo de peça com defeito (rebarba)

Este grupo trabalhava com um indicador que relacionava o número de peças com as toneladas diariamente acabadas. (Figura 38) A partir deste indicador, e para realçar a

importância do controlo do número de peças, é possível constatar que a relação entre as toneladas e a quantidade de peças não é diretamente proporcional. A título de exemplo, os dias 2 e 3 de janeiro caracterizam-se por uma produção de 92 Ton/dia e a quantidade de peças não é a mesma, sendo inferior no dia 2. Assim, conclui-se que, em média, o peso das peças acabadas no dia 2 é inferior ao do dia 3. O mesmo raciocínio, relativamente ao indicador em toneladas, pode ser feito para os dias 13 e 14, onde um aumento a nível de toneladas no dia 14 representa um número inferior de peças acabadas, face ao dia 13. Deste modo, conclui-se que as peças presentes no dia 14 tinham uma média de peso superior à do dia 13.

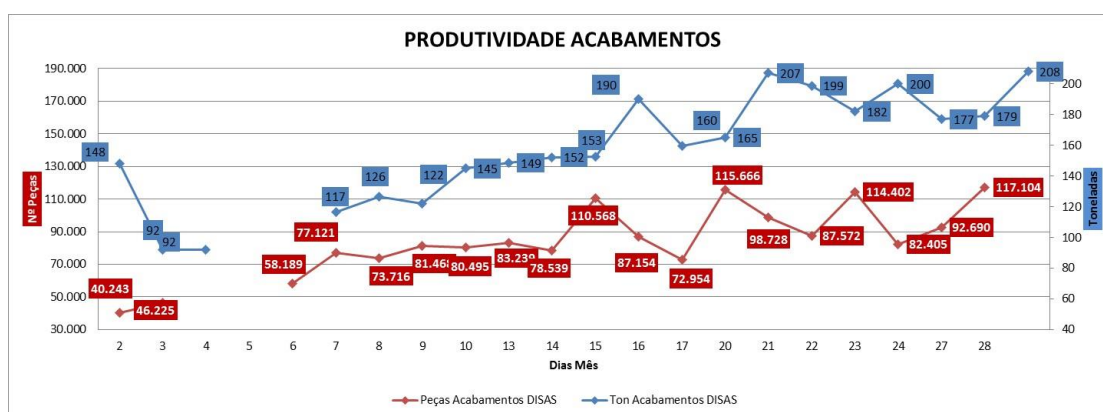


Figura 38 - Novo indicador (nº peças vs ton)

Com base neste indicador, foi possível verificar que até ao dia 28 de janeiro (166 Ton/dia valor médio) houve um aumento de produção em toneladas de 12%, face ao mês anterior. Este aumento prendeu-se com alguns fatores como: a capacidade de resolução de questões através do envolvimento em reuniões diárias e o estudo do *standard* de trabalho das células.

O grupo **(ii) Engenharia** era constituído pelo diretor do departamento de engenharia, os responsáveis de projeto, o responsável da serralharia e placas de moldes e a equipa da consultora Azterlan. Neste grupo eram tratadas questões técnicas de alterações a nível de placas de moldes.

O grande objetivo das reuniões deste grupo era a libertação das prensas nos acabamentos. Para tal, a peça teria que chegar aos acabamentos já sem alimentadores e sofrer auto rotura a montante. (Figura 39) O processo de auto rotura visava também uma

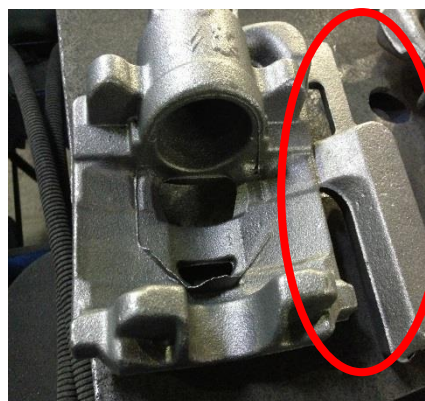


Figura 39 - Exemplo de peça com ainda com alimentadores

rotura muito precisa, para que não houvesse necessidade de rebarbar as peças nas células de acabamento.

O seguimento ao processo feito por este grupo passou por acompanhar as referências a trabalhar e o respetivo estado. Inicialmente foram delineadas 96 referências a trabalhar em auto rotura. No sentido de estabelecer objetivos a curto prazo, distribuíram-se as referências pelos vários intervenientes no projeto, e o estado das referências contemplava quatro estados: 100% ok, em desenvolvimento, sem ação e em melhoria. As referências que se encontravam em melhoria eram aquelas que já tinham passado uma fase de desenvolvimento.

As reuniões diárias eram feitas às 11h, sendo o diretor do departamento da Engenharia o responsável por as liderar e, em primeiro lugar, eram tratados os três temas levantados anteriormente na reunião do grupo (i) Operações. De seguida estabeleciam-se ações corretivas e era nomeado o responsável por acompanhar as alterações, caso necessário. Após abordadas estas questões verificava-se o estado das referências debatidas no dia anterior. Com estas reuniões conseguiu-se uma equipa focada na resolução de problemas e no aumento do número de referências em auto rotura.

O indicador relativo a este grupo foi o acompanhamento de referências (Figura 40). A análise dos dados presentes na Figura 40 permite confirmar a complexidade do processo, e o facto de não ser expectável, à partida, um crescimento acentuado do número de peças em auto rotura.

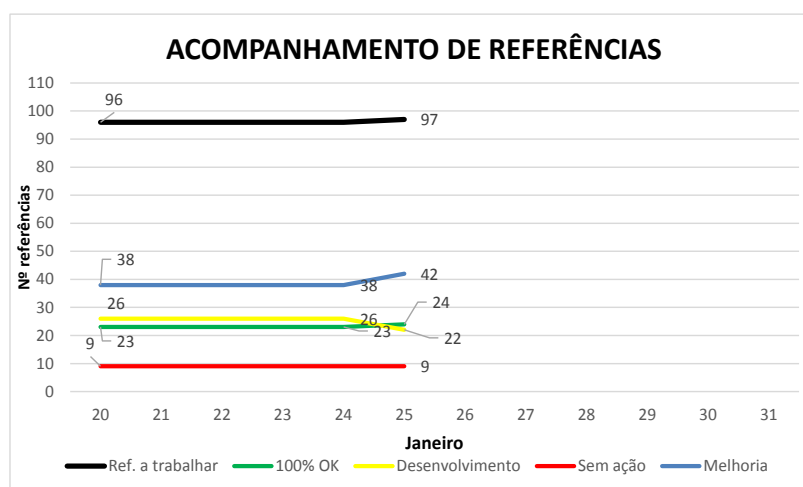


Figura 40 - Acompanhamento de referências

O grupo **(iii) Eficiência Moldação e Macharia** tratava de questões a montante, ou seja, dedicava-se à identificação e resolução de problemas no processo de moldação e macharia, para que estes tivessem um impacto inferior nos acabamentos. Os intervenientes deste grupo eram os responsáveis por cada unidade de negócio (MK4, MK5 e D230), pela macharia, engenharia e um elemento da consultora *Azterlan*.

As reuniões diárias deste grupo realizavam-se às 14h uma vez que eram indispensáveis as informações provenientes das realizações das reuniões dos dois grupos anteriormente referidos. Esta era uma reunião onde eram debatidas questões que tivessem sido levantadas no grupo (i) Operações e que não tivessem origem em questões relativas à Engenharia. A título de exemplo, alguns dos problemas de rebarbas nas peças que chegavam aos acabamentos eram originados na afinação da própria máquina de moldação e não na placa de moldes. Uma vez que não havia regra estipulada para a frequência de afinação das máquinas de moldação, estabeleceu-se que as máquinas apenas seriam afinadas semanalmente. O facto de as máquinas não apresentarem regularmente um desvio significativo, num período de uma semana, permitiu concluir que afinando uma vez por semana o processo ficava assegurado.

O facto dos intervenientes presentes pertencerem a áreas distintas e terem elevado poder de decisão, tornava as reuniões muito produtivas, tendo as decisões tomadas um impacto muito significativo a jusante do processo produtivo.

O indicador de seguimento deste grupo relacionava as ações planeadas com as ações realizadas. (Figura 41) Uma vez que o plano de ações englobava temas de âmbitos muito distintos, este indicador tornou-se indispensável para controlo do nível de confiança depositado nas ações estabelecidas.

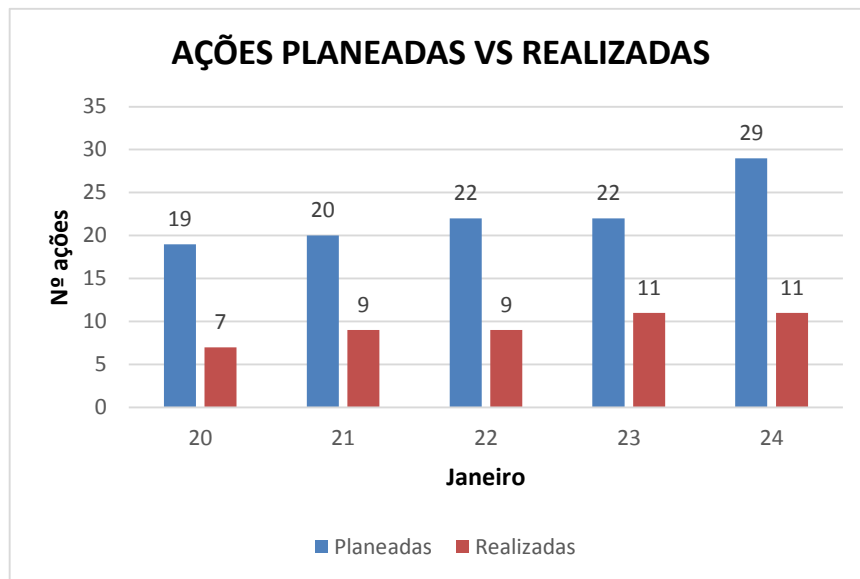


Figura 41 - Ações planeadas vs realizadas

O foco do grupo **(iv) Desenho industrial** era o redesenho do *layout* da zona de acabamentos. Neste grupo o projeto passou não só pelo seguimento das ações, como também pelo desenvolvimento de um novo *layout*, adaptado as novas necessidades desta área.

Como referido na descrição do grupo (i) Operações, o departamento de Engenharia tinha um plano para o aumento do nível de auto rotura das peças, com o objetivo de eliminar as prensas nos acabamentos. Deste modo o trabalho desenvolvido pelo grupo (iv) **Desenho industrial** teve como foco as células de acabamento onde já não eram utilizadas prensas. As metodologias aplicadas neste grupo serão abordadas, neste documento, com mais detalhe nos subcapítulos seguintes.

O seguimento do trabalho desenvolvido pelos quatro grupos era resumido diariamente num relatório dirigido ao CEO da *Sakthi*, o qual lhe permitia ir monitorizando o estado do projeto. Este resumo contemplava os indicadores utilizados por todos os grupos, assim como os respetivos planos de ação. (Figura 42)



Figura 42 - Relatório diário projeto Kasa Nova

4.2.1 Desenho Industrial – *Standard work*

Ao nível do grupo (iv) Desenho Industrial, foi feito um levantamento dos indicadores das plataformas no que diz respeito a valores históricos de cadência de peças. Cada célula de acabamento de peças tinha dois operadores alocados e respetivas tarefas associadas - o primeiro rebarbava a peça (rebarbador) e o segundo fazia controlo visual, calibrava e passava a peça pelo aparelho de ultrassons (controlador visual). O próprio aparelho de ultrassons expulsava automaticamente a peça para um contentor que, quando cheio, dependia do segundo operador para ser trocado por um vazio. Aquando de um contentor cheio, o segundo operador ativava um semáforo de modo a sinalizar ao empilhador a necessidade de troca de contentor. Deste modo, o *standard* de trabalho encontrado nestas células das plataformas, era o representado na Figura 43.

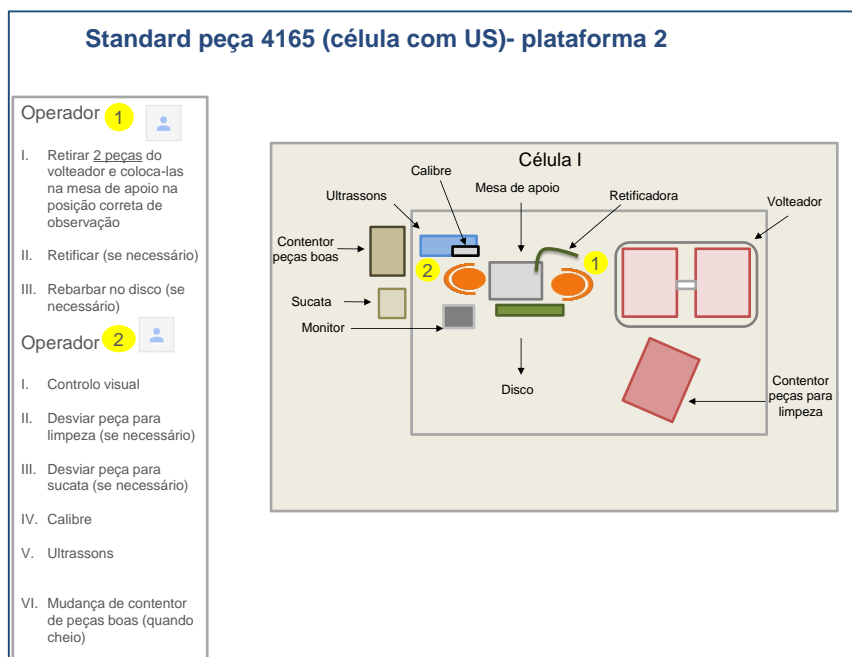


Figura 43 - Standard de trabalho inicial

Uma análise exaustiva deste *standard*, válido para várias referências, permitiu identificar alguns problemas relacionados com o balanceamento, entre operadores, da célula de trabalho, tais como a acumulação de peças entre o primeiro e segundo operador e a elevada distância entre o volteador e o primeiro operador. Uma vez que o controlador (segundo operador) tinha mais tarefas associadas do que o primeiro, havia acumulação de peças rebarbadas entre operadores. Em relação à distância exagerada do volteador ao primeiro operador e à falta de ergonomia - volteador¹⁴ com contentores muito profundos - estes dois fatores originavam que este operador retirasse poucas peças de cada vez e experimentasse um nível de cansaço excessivo.

Para que fosse possível chegar a estas conclusões, foi necessário fazer um levantamento dos dados históricos (dados existentes no *DataPro*) relativos às cadências de cada referência (Tabela 5). Em seguida fez-se um levantamento de dados no terreno de algumas referências, para um *standard* de duas pessoas, com o volteador já colocado numa posição mais próxima do primeiro operador. (Figura 44) Uma vez que os ganhos foram representativos, passou-se para uma fase mais avançada que contemplava apenas um operador. Fizeram-se testes onde o primeiro operador apenas fazia chegar as peças ao segundo operador e este último tinha o disco perto de si, caso fosse necessário rebarbar. (Figura 45)

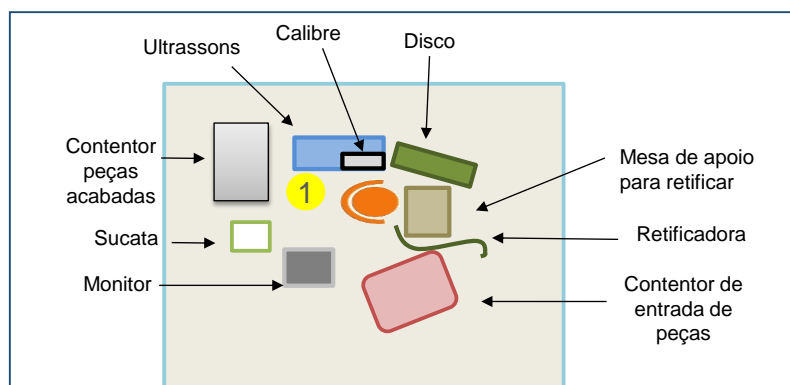


Figura 44 - Standard de trabalho novo

¹⁴ Volteador – Plataforma rotativa

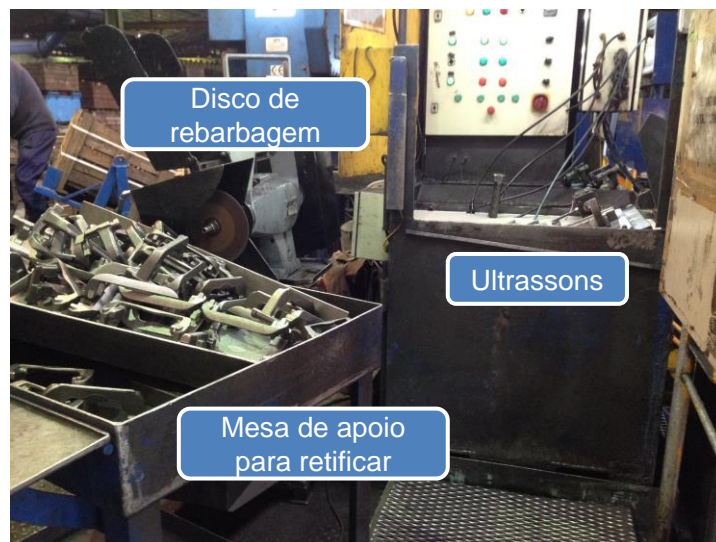


Figura 45 -Teste ao standard com um operador

Deste modo, os valores de cadência obtidos, face aos relativos ao *standard* que envolvia dois operadores, revelaram-se mais vantajosos. (Tabela 5) Com o *standard* de um operador a peça sofria apenas um manuseio e não tinha tempo de espera entre operadores. Estes fatores foram decisivos para a definição do *standard* final das células de acabamento. Decidiu-se, assim, optar pelo *standard* com um operador, para as futuras células de acabamento. Este operador ficaria responsável por todas as tarefas necessárias para o acabamento das peças.

Tabela 5 - Resumo de cadências por referência

Ref	Standard Atual (dados DataPro)			Novo Standard (2 pessoas)			Standard 1 pessoa (a simular células finais)		
	Pessoas	Peças/hora	Cadência (peças/homem *hora)	Peças/hora	Cadência (peças/homem *hora)	Ganho	Peças/hora	Cadência (peças/homem *hora)	Ganho
4165	2	325	162,5	400	200	23%	300	255	57%
4204	3	300	100	340	170	70%	260	221	121%
3281	2	1200	600	1780	890	48%	640	544	-9%
4278	2	350	175	434	217	24%	280	238	36%
4327	2	220	110	240	120	9%	250	212,5	93%

A partir da comparação entre os valores dos diversos *standards* presentes na Tabela 5, foi possível concluir que apenas para a referência 3281 o *standard* de uma pessoa não era vantajoso. O *standard* referente a esta referência apresenta diferenças face ao standard

anteriormente estudado, uma vez que não envolve o uso de aparelho de ultrassons e tem uma cadência elevada, comparativamente às outras. Sendo assim, nesta referência o *standard* aplicado foi o apresentado na Figura 46. Neste *standard* o primeiro operador apenas abastecia a mesa de apoio que tinha uma inclinação, o que facilitava a chegada das peças ao segundo e terceiro operadores. Este primeiro operador reunia as tarefas de não valor acrescentado, somente para facilitar o teste do *standard*. Em seguida, o segundo e terceiro operadores tinham as mesmas tarefas – controlo visual, calibre e troca de contentores.

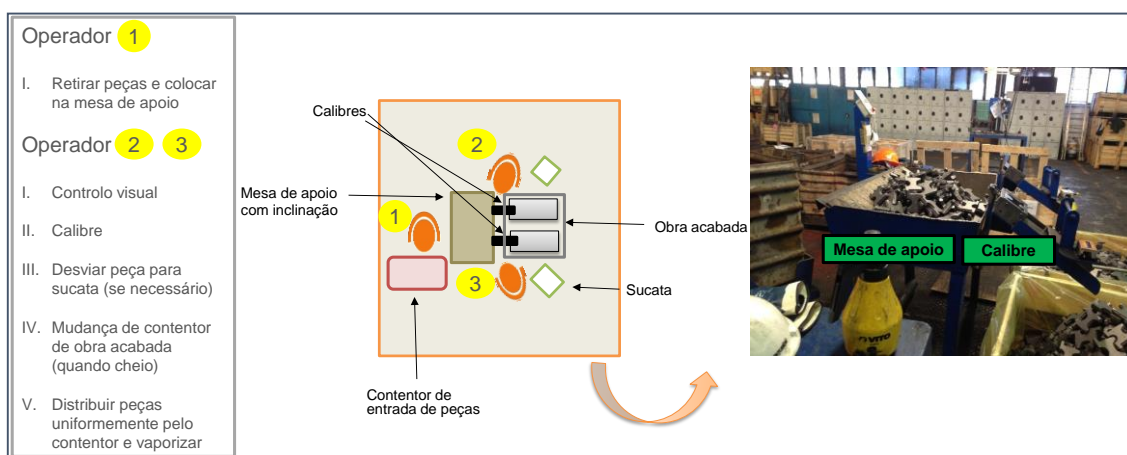


Figura 46 - Standard de trabalho da referência 3281

Este *standard* era provisório pois, com o objetivo das células com um operador, as funções do primeiro operador deixariam de ser necessárias.

O acompanhamento cuidado dado a esta referência deveu-se ao facto de, num universo de 94 referências, esta ser a mais representativa no que diz respeito a quantidade de peças produzidas. No ano de 2013 foram produzidas cerca de 4.882.000 peças da referência 3281, o que representa cerca de 24% do volume total de peças produzidas.

A etapa seguinte passou por dismantelar a plataforma 2 e construir uma zona de teste onde se localizavam cinco células. (Figura 47) Estas células foram cruciais durante o período de transformação da área dos acabamentos, uma vez que proporcionaram uma maior flexibilidade a nível de mudanças de *layout*. Inicialmente algumas destas células funcionavam com dois operadores, enquanto outras já se encontravam com o *layout* previsto para o futuro (um operador). Nesta zona de teste as células já não continham prensas, o que obrigava a que as peças que aqui fossem acabadas tivessem em processo de auto rotura. Ainda assim, algumas peças careciam de ser rebarbadas, o que obrigou a

manter o *standard* de dois operadores por algum tempo nesta zona. A referência 3281 ficou alocada à célula G, onde estavam três operadores como anteriormente apresentado.

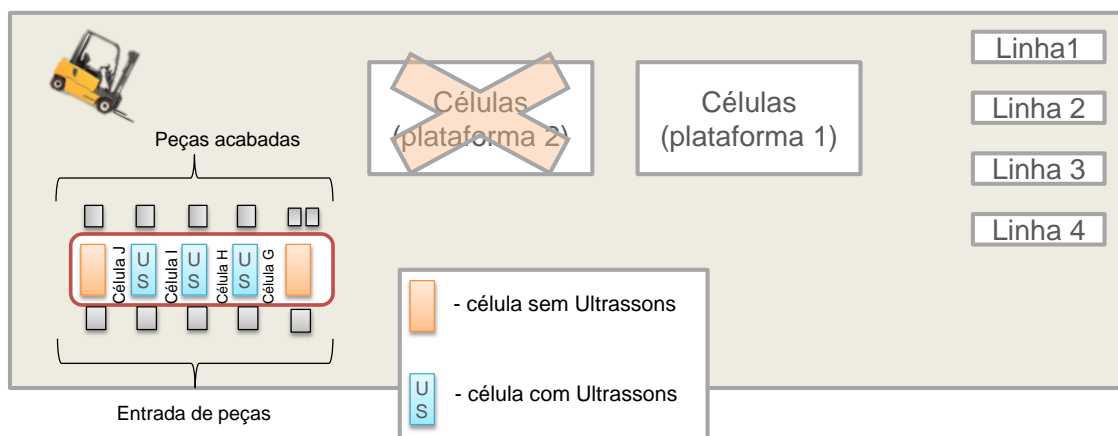


Figura 47 - Criação da zona de teste

Durante os testes foram identificados alguns problemas inerentes a todas as células da zona de teste, tais como:

- Troca de contentores de entrada de peças feita pela zona de obra acabada;
- Falta de comunicação entre células e empilhador, o que leva a paragens;
- Célula H: O aparelho de ultrassons encontrava-se a expulsar peças conformes e não conformes. Esta avaria representava uma quebra de cadência de 53% na peça 4203;
- Célula G: As tarefas que não acrescentam valor - mudança de contentor de obra acabada (quando cheio) e distribuição de peças uniformemente pelo contentor e vaporizar - podem ser feitas pelo operador 1; (Figura 48)



Figura 48 - Célula G (referência 3281)

Relativamente à falta de comunicação entre as células e o empilhador de abastecimento e recolha de peças, foi introduzido um sistema provisório de bandeiras. Quando o contentor estivesse quase cheio era colocada uma bandeira vermelha junto da célula, para que de uma forma visual o empilhador soubesse que se tinha que dirigir à célula.

Esta zona de teste possibilitou o estudo de vários cenários, tendo sempre como objetivo final as células unitárias, onde as tarefas de acabamentos estivessem alocadas a um único operador e as peças não sofressem mais do que um manuseio. Nesta zona foi ainda possível estudar a ergonomia das futuras células.

4.2.2 Desenho Industrial – *Line and layout design*

Uma vez definido o *standard* das células, a fase seguinte passou por analisar o *layout* da zona de acabamentos.

A primeira etapa do desenho da linha de acabamentos, foi a validação do *layout* da célula de acabamento relativamente a dimensões e funcionalidades. Como anteriormente explicado, o objetivo da nova zona de acabamentos contemplava que as peças não necessitassem de prensa, nem de serem rebarbadas. Deste modo, o desenho do novo *layout* teve por base os princípios de *lean line design*, focando-se na otimização dos recursos existentes. Uma vez que as células teriam que conter, a nível de equipamentos, um medidor de calibre (Figura 49) da peça e o aparelho de ultrassom, a célula idealizada era caracterizada pela partilha do aparelho de ultrassom.

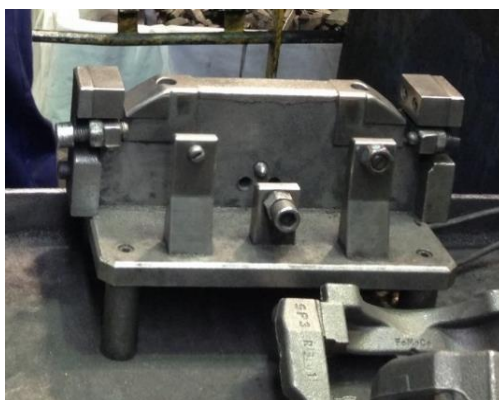


Figura 49 - Medidor de calibre

Este aparelho tinha um tempo de ciclo de 4 segundos, o que permitia que dois operadores partilhassem o mesmo aparelho de ultrassons. Como cada operador tinha como tarefas

associadas o controlo visual, calibre, e retificação quando necessário, que lhe ocupavam em média 20 segundos, o aparelho de ultrassons não podia ser considerado *bottleneck*. Uma vez que o número de aparelhos de ultrassons era reduzido, a sua partilha foi uma solução adequada. Assim, a célula desenhada permitia a partilha do aparelho de ultrassons, entre dois operadores, e tinha uma bancada onde os controladores calibravam e faziam controlo visual.

O desenho desta célula teve como princípio base a proximidade das operações ao operador, para que o desperdício associado ao processo de acabamento fosse o menor possível. (Figura 50) Foram também considerados os contentores de sucata e as distâncias ideais para um posto de trabalho ergonómico.

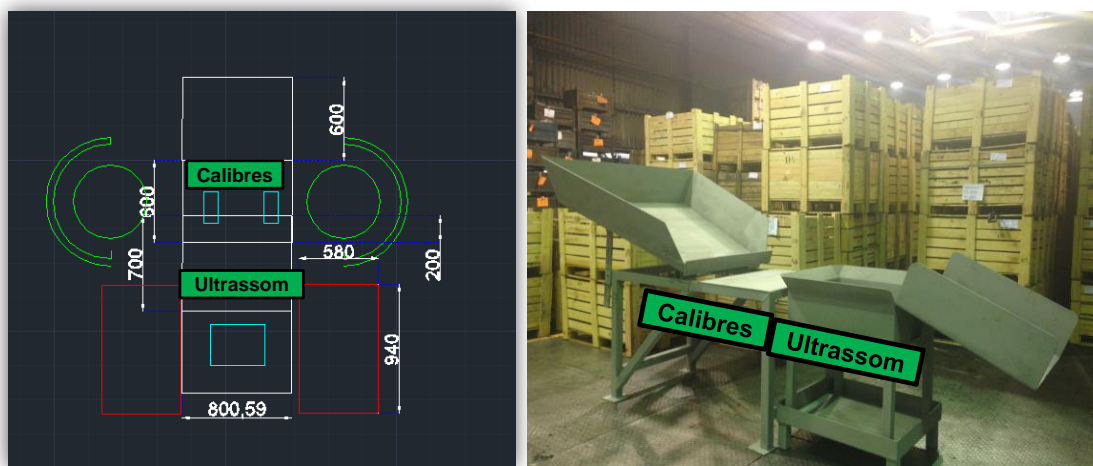


Figura 50 - Protótipo das novas células de acabamento

Após validação do conceito da célula, através do protótipo presente na Figura 50, foi desenvolvido o respetivo sistema de abastecimento. O desenvolvimento do sistema de abastecimento foi posterior à validação do *layout* da célula, uma vez que o foco esteve sempre em garantir as dimensões do posto de trabalho e, só depois, estudar como realizar o abastecimento.

Aquando do estudo do sistema de abastecimento, foi revisto o *layout* global da zona de acabamentos. O conceito de plataformas, utilizado até então, seria ultrapassado e o fluxo passaria a ser contínuo, desde a moldação aos acabamentos. Ou seja, as peças que eram moldadas numa determinada máquina eram acabadas na linha de acabamento da respetiva máquina.

Cada uma das três linhas era composta por cinco células, que por sua vez tinham dois postos de trabalho (com partilha de aparelho de ultrassons), o que perfazia um total de trinta operadores alocados às linhas. Uma vez que, aquando do desenho das linhas de acabamento, o processo de auto rotura, no que diz respeito a eliminação de rebarbas, ainda não se encontrava concluído, teve que se considerar uma célula para tal tarefa. Institui-se então que, ao contrário do que era prática até à data, uma peça que precisasse de ser rebarbada não era acabada nas quatro células das linhas de acabamento. Sempre que o operador identificasse uma peça com tal necessidade, o procedimento a seguir era separar e não acabar.

O abastecimento das linhas era feito por uma passadeira automática, responsável por levar as peças às células, obrigando a que apenas estivesse a trabalhar uma referência por linha. (Figura 51) Ao longo da passadeira existiam uns separadores que orientavam as peças para as células necessárias.



Figura 51 - Passadeira da linha de acabamento

Assim, a referência que estivesse a ser trabalhada na máquina de moldação era a que estava a ser trabalhada na respetiva linha de acabamento. Este sincronismo entre moldação e acabamentos foi possível uma vez que, ao contrário do que acontecia até então, o *work in process* existente era apenas o indispensável. As peças quando saiam da moldação necessitavam de umas horas de arrefecimento, e este fator de tempo era a base para a existência de *stock* intermédio entre moldação e acabamentos. Com o alinhamento entre as referências presentes na Moldação e as que estariam a ser acabadas nas novas linhas de acabamento, pretendia-se que o *stock* intermédio obrigatório fosse o mínimo possível.

Existia uma divisória na passadeira de abastecimento das linhas, onde o operador colocava as peças com necessidade de rebarbar, que guiava a peça até ao quinto posto. Esta célula de eliminação de rebarbas, por princípio, só era ativada quando se reunia um número significativo de peças.

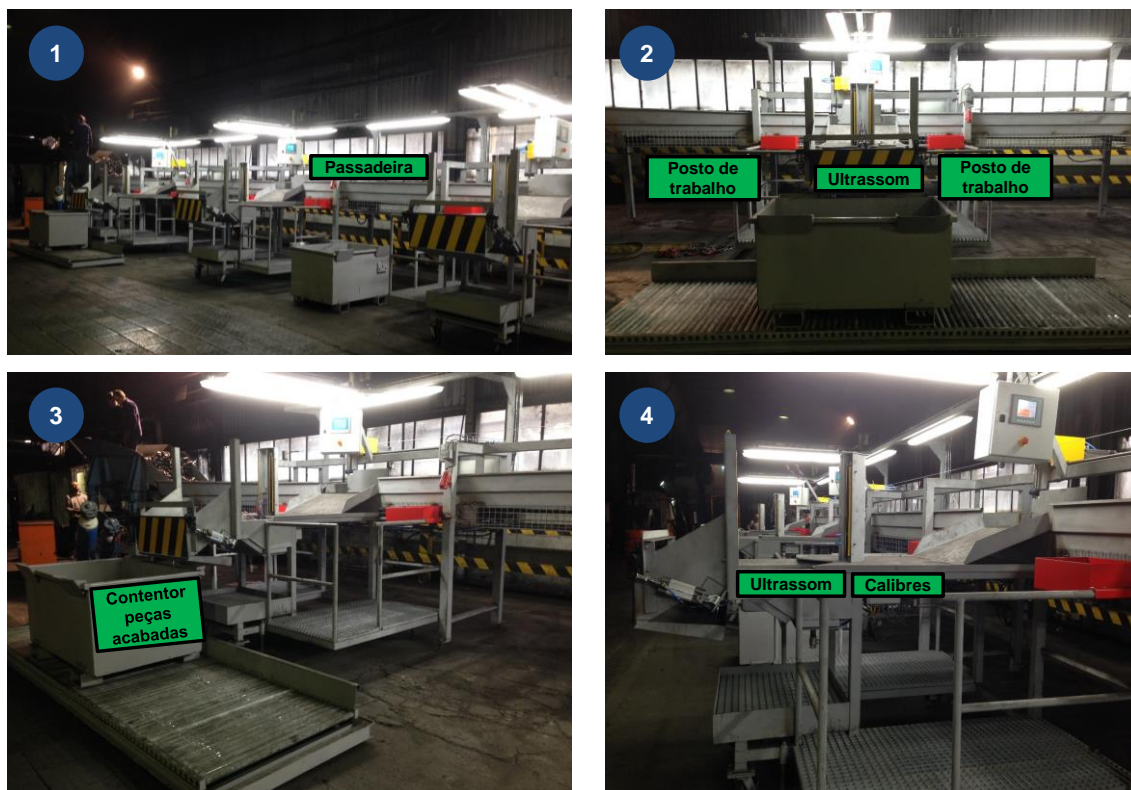


Figura 52 - Nova linha de acabamentos

A Figura 52 ilustra a nova linha de acabamentos, com células de trabalho partilhadas cada uma por dois operadores. No ponto 1 estão presentes três células de acabamentos e a passadeira de alimentação. A partir da Figura supra é possível analisar o detalhe da zona frontal de cada célula – ponto 2 – a zona de saída de peças acabadas – ponto 3 – bem como a localização dos calibres e do aparelho de ultrassons de cada operador – ponto 4.

4.2.3 Fórmula 1 nos acabamentos

No final do mês de janeiro de 2014 as previsões da procura para o mês de fevereiro de 2014 (Tabela 6) começavam já a aumentar e, apesar do *layout* dos acabamentos já estar definido, ainda não se encontrava implementado.

Tabela 6 - Necessidades de produção

Classificação	Nº de peças		
	Mês	Dia	Hora
Corpos	930.000	46.500	2.114
Pontes	909.000	45.450	2.066
Inserts	696.000	34.800	1.582
Cx. Dif	121.500	6.075	276
Serf	70.000	3.500	159
Diversos	74000	3700	168
Totais	2.800.500	140.025	6.365

Tendo em consideração que os acabamentos iriam laborar vinte dias, vinte e duas horas por dia, estava então definido o objetivo diário de produção de 140.025 peças para cumprimento das 125.000 Ton necessárias para fevereiro. Para tal estruturou-se, juntamente com o departamento de Engenharia, a zona de acabamentos, alocando determinadas referências a certos postos de trabalho. Deste modo, foi possível criar objetivos por hora para cada posto de trabalho de forma a monitorizar a *performance* de cada um. Até então, as referências não estavam alocadas a nenhuma posto de trabalho específico, o que tornava a gestão dos acabamentos mais complexa. Com a alocação das referências aos postos de trabalho, o planeamento teve também que ajustar as suas ordens de trabalho, para garantir o cumprimento da regra.

Como exemplo, apresenta-se em seguida a linha 3 e as referências que lhe foram alocadas. (Tabela 7) Durante o processo de alocação foram levados em consideração alguns critérios, que tinham por base a possibilidade de execução da peça naquele posto, o objetivo de número de peças mensal e a respetiva cadência. Deste modo, as referências que apresentavam cadências iguais estavam à partida alocadas ao mesmo posto de acabamento. O mesmo sucedia para referências da mesma família.

Tabela 7 - Referências alocadas à linha 3

Referências	Peças/mês	Peças/dia	Cadência	Ocupação
4196	48000	2400	350	31%
4197	48000	2400	350	31%
4258	9500	475	350	6%
4259	9500	475	350	6%
4237	2000	100	350	1%
4238	2000	100	350	1%
Ocupação da linha 3				77%

Pela análise da tabela 7 é possível concluir qual a taxa de ocupação horária da linha e, se necessário, aumentá-la mais 23%. Assumindo 22 horas de trabalho por dia, na zona de acabamentos, a ocupação era calculada pela seguinte fórmula:

$$Ocupação = \frac{n^o \text{ peças hora}}{Cadência}$$

Recorrendo à mesma metodologia, foram estudados todos os postos de acabamento de modo a permitir um maior controlo sobre cada um. Em alguns casos, quando as referências permitiam o acabamento em mais do que um posto, em paralelo, e o objetivo de número de peças mensal era elevado, estas eram alocadas a dois postos de trabalho, mas com ocupações diferentes. Assim, havia sempre um posto prioritário para acabamento da peça e, só em caso de exceção, podiam ser acabadas no segundo posto.

Reunindo todos os fatores decisivos para a alocação das referências aos postos de acabamento e o compromisso de todas as partes intervenientes, foi possível listar por posto as respetivas referências.

Uma vez estabelecido o objetivo horário de cada posto, o passo seguinte foi a monitorização da zona de acabamentos, num formato relativamente semelhante ao previamente apresentado no âmbito do projeto *Fórmula 1*. Foi elaborado um *Kamishibai* (Figura 53) com uma frequência de atualização horária, com a quantidade de peças acabadas por posto. O acompanhamento do *Kamishibai* estava entregue a uma equipa de seis responsáveis, que acompanhavam os três turnos. Cada turno contava com a colaboração de dois responsáveis com tarefas distintas. Um deles era responsável pela atualização do *Kamishibai*, enquanto o outro tinha mais competências técnicas conseguindo, assim, desbloquear alguns problemas que surgissem ao longo do turno. Este último tinha ainda como função, no final de cada turno, emitir um relatório, via correio eletrónico, sobre o estado das referências e questões relacionadas com equipamentos.

Fevereiro		SAKTHI		TURNO NOITE													Totais Turno				TURNO MANHÃ													Totais Turno			
Linha	Ref Actual	Pcs/mês	Pcs./Dia	peças/h	00:30	01:30	02:30	03:30	04:30	05:30	06:30	Obj.	Real	Desvio	Rejeições	07:30	08:30	09:30	10:30	11:30	12:00	13:00	14:00	15:00	Obj.	Real	Desvio	Rejeições									
SERF	PAR	70.000	3.500	400	0	0	0	0	0	0	0	2.800	0	-2.800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.200	0	-3.200	0									
Linha 1	4295	110.000	5.500	350	0	0	0	0	0	0	0	2.450	1.750	-700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.800	0	-2.800	0									
Linha 2	PAR	152.500	7.625	381	0	0	0	0	0	0	0	2.667	242	-2.425	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.048	0	-3.048	0									
Linha 3	3342	154.500	7.725	313	0	0	0	0	0	0	0	2.191	960	-1.231	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.504	0	-2.504	0									
Linha 4	4196	147.000	7.350	313	0	0	0	0	0	0	0	2.191	2.006	-185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.504	0	-2.504	0									
Adira	3378	128.100	6.405	200	0	0	0	0	0	0	0	1.400	1.900	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.600	0	-1.600	0									
Célula B	4240	159.000	7.950	200	0	0	0	0	0	0	0	1.400	1.650	-250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.800	0	-1.800	0									
Célula C	4322	123.600	6.180	300	0	0	0	0	0	0	0	2.100	840	-1.260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.400	0	-2.400	0									
Célula D	4326	129.000	6.450	290	0	0	0	0	0	0	0	2.030	850	-1.180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.320	0	-2.320	0									
Célula E	4332	150.000	7.500	210	0	0	0	0	0	0	0	1.470	850	-620	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.680	0	-1.680	0									
Célula G	3281	528.000	26.400	1.200	0	0	0	0	0	0	0	8.400	7.650	-750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.600	0	-9.600	0									
Célula H	4151	99.900	4.995	290	0	0	0	0	0	0	0	2.030	750	-1.280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.320	0	-2.320	0									
Célula I	PAR	137.000	6.850	180	0	0	0	0	0	0	0	1.260	530	-730	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.440	0	-1.440	0									
Célula J	4181	147.000	7.350	290	0	0	0	0	0	0	0	1.400	0	-1.400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.600	0	-1.600	0									
Célula L	PAR	80.000	4.000	110	0	0	0	0	0	0	0	770	977	207	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	880	0	-880	0									
Célula 1	PAR	164.000	8.200	120	0	0	0	0	0	0	0	840	0	-840	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	960	0	-960	0									
Célula 2	4228	118.000	5.900	250	0	0	0	0	0	0	0	1.750	0	-1.750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.000	0	-2.000	0									
Célula 3	3520	44.000	2.200	100	0	0	0	0	0	0	0	700	770	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	800	0	-800	0									
Célula K1	4147	132.000	6.600	300	0	0	0	0	0	0	0	2.100	1.920	-180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.400	0	-2.400	0									
Célula K2	4317	132.000	6.600	300	0	0	0	0	0	0	0	2.100	1.750	-350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.400	0	-2.400	0									
Célula K3	4306	132.000	6.600	300	0	0	0	0	0	0	0	2.100	2.600	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.400	0	-2.400	0									
Célula K4	4306	132.000	6.600	300	0	0	0	0	0	0	0	2.100	2.400	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.400	0	-2.400	0									
Totais		3.169.400	158.480	6.407	2.782	3.407	4.381	2.405	1.940	6.021	3.840	40.289	80.385	-35.864	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52.856	0	-52.856	0									

Figura 53 - Kamishibai Fórmula 1 acabamentos

Este documento continha ainda a referência que estava a ser trabalhada (coluna Ref^o actual) e caso esta não estivesse no posto correto – situação corrente no arranque da monitorização – aparecia identificada a vermelho. Na coluna seguinte estavam os objetivos mensais a nível de quantidade de peças produzidas pelo respetivo posto, seguida do objetivo diário.

Linha	Ref ^o Actual	Pcs/mês	Pcs./Dia	peças/h
SERF	3318	70.000	3.500	300
Linha 1	4309	110.000	5.500	350
Linha 2	4314	152.500	7.625	381
Linha 3	4150	154.500	7.725	313
Linha 4	4296	147.000	7.350	313
Adira	3378	128.100	6.405	200
Célula B	4301	159.000	7.950	200
Célula C	4260	123.600	6.180	300
Célula D	4294	129.000	6.450	290
Célula E	4332	150.000	7.500	210
Célula G	PAR	528.000	26.400	1.200

Figura 54 - Objetivos de produção presentes no Kamishibai

A monitorização era feita relativamente à quarta coluna que indicava o objetivo de peças por hora. No fecho de cada hora era registado o número de peças acabadas e, quando este valor se encontrava abaixo do objetivo, aparecia identificado a vermelho. Sempre que ocorresse uma situação como a presente, era obrigatório o registo do motivo. Por exemplo, se o motivo para uma baixa cadência fosse originado por uma peça que obrigasse a rebarbar

em muitas zonas, o motivo era registado como “recup”. As linhas que não se encontrassem em funcionamento eram assinaladas como “par” na coluna “refº actual”. (Figura 54)

Na visão global do turno estavam indicados os objetivos por posto para o turno em questão, a quantidade até então produzida (“Real”) e o respetivo desvio entre o objetivo e o real.

Um outro fator, alvo de análise a partir deste documento visual, era o número de rejeições. No final de cada turno os responsáveis pela qualidade, presentes no terreno, indicavam o número de rejeições de cada posto que, por sua vez, representava o número de contentores com peças controlados pelos controladores mas que a qualidade não validava como peças boas. Com este dado era possível avaliar a qualidade do trabalho dos controladores, no sentido em que o objetivo era produzir peças boas e não, simplesmente, muitas peças.

Aquando do início da monitorização dos acabamentos, a implementação do novo *layout* tinha somente iniciado. Assim, apenas uma das três linhas de acabamentos, desenhadas recentemente, estava em funcionamento (correspondente às células K1,K2,K3 e K4). Uma vez que a zona de acabamentos possuía agora mais capacidade, o objetivo diário passou de 140.024 peças para 158.480 o que representa um aumento de cerca de 13%.

4.3 Notas finais

Ao longo da implementação deste projeto, cujo foco foi a melhoria da produtividade global, foi possível registar o seu impacto nos indicadores globais da Sakthi Portugal. Os subprojectos referidos neste documento contribuíram para os ganhos de produtividade traduzidos nos indicadores que seguidamente se referem.

A máquina de moldação D230 apresentou uma melhoria de 20% no número de moldações por dia – passando de 6.397 para 7.668 – com os projetos desenvolvidos associados à mesma.

Na zona da fusão e moldação, devido à sincronização entre estas duas áreas (projeto *Fórmula 1*), foi registada uma melhoria de 22% desde o início (junho 2013) até ao final do projeto (fevereiro 2014), no indicador de fundido aproveitado.

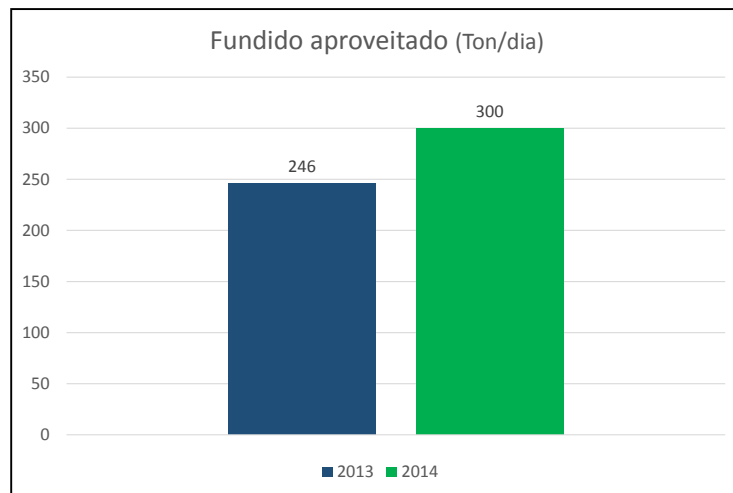


Figura 55 - Comparação do indicador FA no início e fim do projeto

Aliado a este aumento da produção de fundido aproveitado, houve uma redução do número de colaboradores o que resultou num aumento de produtividade de 41%.

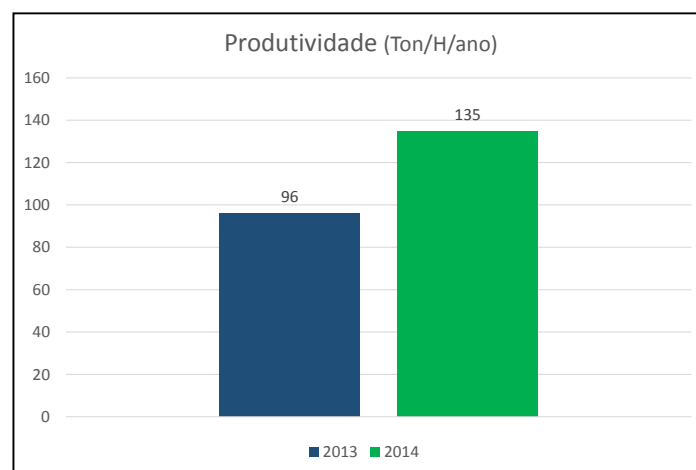


Figura 56 - Comparação do indicador de produtividade no início e fim do projeto

Todas as medidas desenvolvidas e implementadas ao longo do desenrolar do projeto contribuíram para estes ganhos; no entanto, não é possível determinar qual o peso associado individualmente a cada uma delas.

Capítulo 5 – Conclusão

A busca pela excelência operacional por parte das organizações é um estado de espírito que deve estar incutido em todos os seus colaboradores. Envolver todos os membros da organização em projetos de mudança, como os abordados neste documento, é essencial. Todos devem estar alinhados com a estratégia da organização para que, de uma forma consciente, trabalhem em prol dos mesmos objetivos e que os identifiquem como individuais/pessoais. Durante todo este processo, é importante um constante *feedback* da gestão de topo à restante equipa, acerca da *performance* organizacional, para que a motivação de todos prevaleça, desde o início, elevada. Neste aspeto, o modelo adotado pela gestão de topo da *Sakthi* Portugal permitiu o alinhamento de toda a estrutura organizacional de forma exemplar.

O nível de serviço com que a *Sakthi* Portugal se comprometeu para o ano de 2014, associado ao aumento da procura, face à conjuntura económica atual, não deixou outra alternativa a esta organização que não “emagrecer”. A aplicação das metodologias de fluxo de produção, associadas a determinadas áreas de intervenção, contribuiu para a melhoria da produtividade sem que fossem necessários elevados investimentos como, por exemplo, a aquisição de mais um forno para a fusão. Isto porque a capacidade de produzir mais no mesmo tempo foi alcançada com os mesmos recursos que estavam disponíveis desde o início do projeto; apenas uma melhor gestão dos mesmos e uma visão revigorada da situação permitiu a adaptação às novas necessidades produtivas da *Sakthi* Portugal.

O sincronismo entre as áreas produtivas Fusão e Moldação, através do projeto *Fórmula 1*, teve um impacto imediato no aumento da produtividade. Assim, cada área do processo produtivo valorizou a área que se segue como “cliente”, garantindo uma entrega de *output* na quantidade correta e no ciclo previsto. Foram ainda exigentes com as áreas precedentes encarando-as como “fornecedores”, e nessa ótica rejeitando tudo o que não estivesse conforme.

Relativamente ao projeto *Kasa Nova* houve algumas limitações que influenciaram o sucesso da implementação do fluxo idealizado por este projeto – estar simultaneamente na Moldação e Acabamentos a mesma referência. Para tal, era necessário que houvesse uma maior redução do WIP entre a Moldação e os Acabamentos, o que implicava a instalação de um sistema rápido de arrefecimento das peças à saída da granalhadora. Como este sistema

não chegou a ser implementado enquanto o *Kaizen Institute* esteve presente na organização, não foi possível verificar a implementação do fluxo a 100%.

Algumas das perspetivas futuras a considerar na gestão da produção da *Sakthi Portugal* são relativas à flutuação da procura e à consequente capacidade de ajuste do processo produtivo. Projetos como o que foi desenvolvido nesta empresa, não devem ser tidos como pontuais, mas sim como contínuos e ajustáveis. Estes aspetos servem de base para a flexibilidade que deve ser característica de estruturas competitivas.

As metodologias aplicadas revelaram-se muito vantajosas uma vez que se obtiveram resultados com impacto positivo. Numa perspetiva mais pessoal, estas metodologias serviram não só para melhoria de processo, mas foram agentes facilitadores do conhecimento destes processos.

O projeto descrito neste documento tinha como objetivo uma abordagem à melhoria da produtividade. Tendo sido escolhido o caminho da melhoria contínua, não se deverá interpretar o estudo como terminado, pois há sempre oportunidades de melhoria associadas à atividade de uma organização.

Referências bibliográficas

Bahrami, H., (1992). *The emerging flexible organization: perspectives from silicon valley*. California Management Review 34

Black, J. T., (1998). *O projeto da fábrica com futuro*. Bookman

Browning, T. R., Heath R. D., (2009). *Reconceptualizing the effects of lean on production costs with evidence from the F-22 program*. Journal of Operations Management no.27 23-44. Elsevier

Coimbra, E., (2009) *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute

Conrad, S., Pukanic, R., (1986). *Process approach to planning a successful kitting system is outlined*. Industrial Engineering

Esrock, Y., (1985). *The impact of reduced set-up time*. Production and Inventory Management

Fawcett, S. E., Cooper M. B., (1998). *Logistics Performance Measurement and Customer Success*. Industrial Marketing Management no. 27, 341-357.

Hua, S. Y., Johnson D. J., (2010). *Research issues on factors influencing the choice of kitting versus line stocking*. International Journal of Production Research Vol. 48, No. 3, 779-800, Taylor & Francis

Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. 2nd ed. McGraw Hill Professional

Kaizen Institute, (2013). *Manual KMS*. Kaizen Institute Iberia (unpublished)

Koch, T., et al. (2012). *10 commandments for the boss of a company implementing lean philosophy*. Management and Production Engineering Review Vol. 3, No.2

Labach, E. J., (2010). *Using Standard Work Tools For Process Improvement*. Journal of Business Case Studies Volume 6, No 1

Liker, J. K., Meier, D., (2006). *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. McGraw-Hill Professional

McIntosh, R. I. et al (2000). *A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology*. International Journal of Production Research Vol. 38, No. 11

Moore, R., (2006). *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools: What Tool? When?*. Elsevier Science & Technology Books

Ohno, K., Nakade K., (1997). Analysis and Optimization of a U-Shape Production Line. Journal of the Operations Research Society of Japan Vol. 40, No. 1 Nagoya Institute of Technology

Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala*. Bookman

Ortiz, C. A. (2006) *Kaizen Assembly: designing, constructing and managing a lean assembly line*. CRC Taylor & Francis

Pritchard, R. D., (1990). *Measuring and Improving Organizational Productivity: A Practical Guide*. Greenwood Publishing Group

Shingo S., (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge MA: Productivity Press

Shingo, S. (1989) *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Productivity Press

Shook, J., Marchwinski, C., (2008) *Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers*, 4th ed. Lean Enterprise Institute

Smith, E. (1992) *Manual da produtividade: metodos e atividades para o envolvimento do pessoal na melhoria da produtividade*. Texas: edições Cetop

Upton, D. M., (1995) *Flexibility as process mobility: the management of plant capabilities for quick response manufacturing*. Journal of Operations Management

West, M., (2012). *Getting Performance From Process Improvement*. IT Metrics and Productivity e-Newsletter Article Series

Wilson, L. (2009). *How To Implement Lean Manufacturing*. McGraw Hill Professional

47th Census of world casting production (2013)

44th Census of word casting production (2010)

Anexo 1

80